ДОЊИ СТРОЈ ПУТЕВА

- ✓ основа на коју се поставља горњи строј (коловозна конструкција) пута
- ✓ савлађивање разних препрека и неравнина у терену
- ✓ преношење оптерећења горњег строја и возила која по њему саобраћају на природно тло
- ✓ мора бити стабилан и постојан на дејства спољашњих сила изазваних статичким и динамичким дејством возила, као и свих других спољашњих утицаја (климатски, атмосферски, сеизмички, хидролошки...)

Елементи доњег строја

- ✓ доњи строј пута чине геотехнички објекти изграђени у природном тлу (усеци, тунели, галерије...) или од природних материјала (насипи), објекти изграђени од различитих материјала ради премошћавања природних или вештачких препрека и неравнина у терену (мостови, пропусти, вијадукти, натпутњаци, подпутњаци, аквадукти, тунели...) или за осигурање трупа пута изграђеног од земљаних материјала од деструктивних спољашњих утицаја (потпорни и обложни зидови, заштитне конструкције, снегобрани, ветробрани, галерије...)

- ✓ геотехнички објекти (земљани труп) чине највећи део доњег строја и неопходно је њиховом пројектовању, грађењу и експлоатацији посветити посебну пажњу пошто се граде од природних, земљаних или камених материјала, различитих физичких и механичких карактеристика које се знатно просторно мењају и знатно су подложни променама услед дејства атмосферилија или примењене технологије ископа, превоза и уграђивања

- ✓ насип је грађевински објекат доњег строја одређеног облика и величине изграђен од земљаног или каменог материјала чија је кота планума виша од коте терена; пројектује се у равници и преко удолина у терену да би се преко њега положио горњи строј

- ✓ усек је део пута усечен у природни терен чија је кота планума нижа од коте терена; зависно од начина и дубине засецања, односно геометријског облика и конфигурације терена, постоји више типова

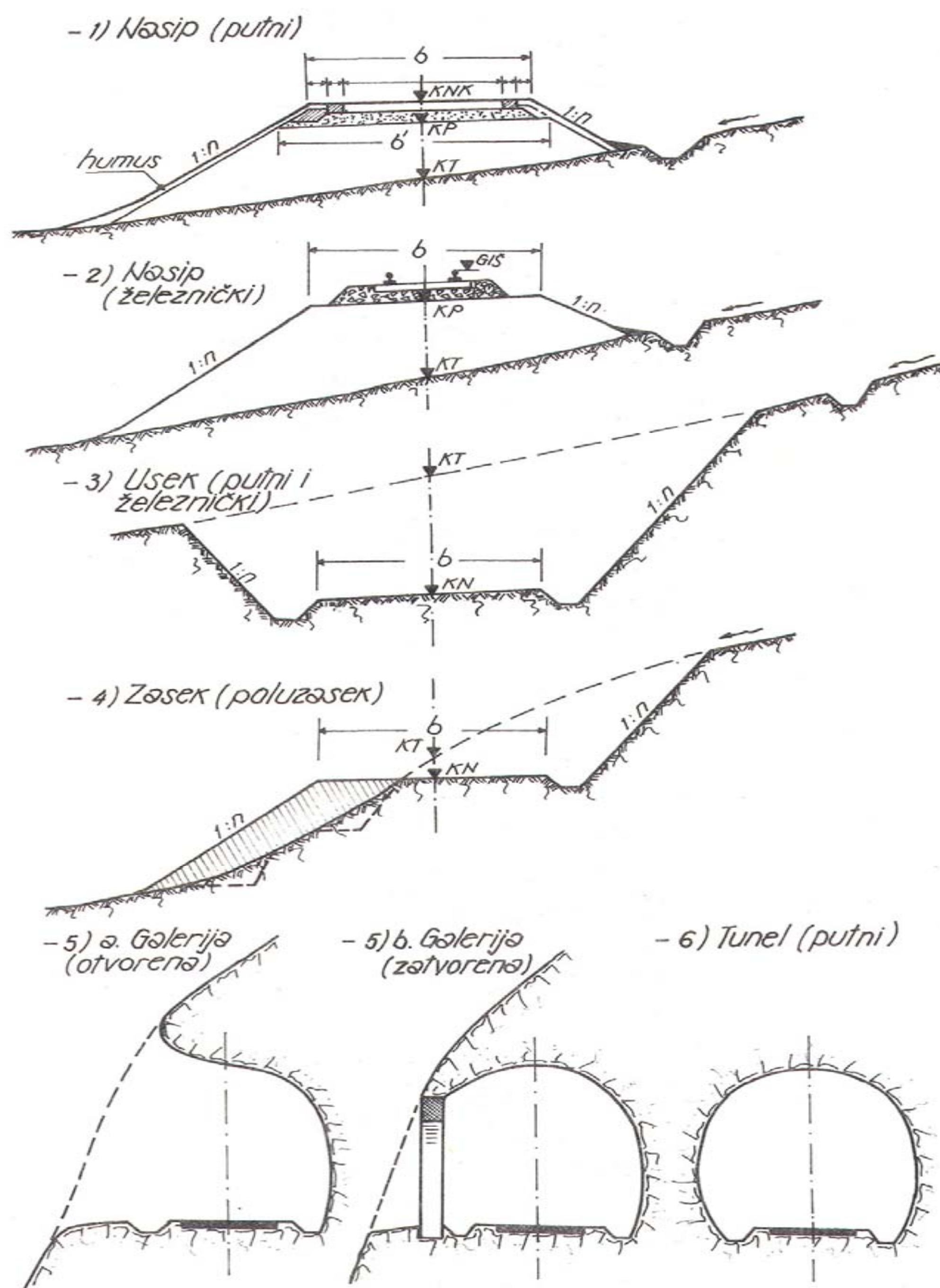
усеци (пуни профил) који су потпуно у терену, а са обе стране имају косине одговарајућег нагиба, прилагођене дубини усека и врсти материјала у коме су изграђени

засеци (пуни профил) који су у целини усечени у терен, али су са једне стране (нижа страна или страна према долини) отворени

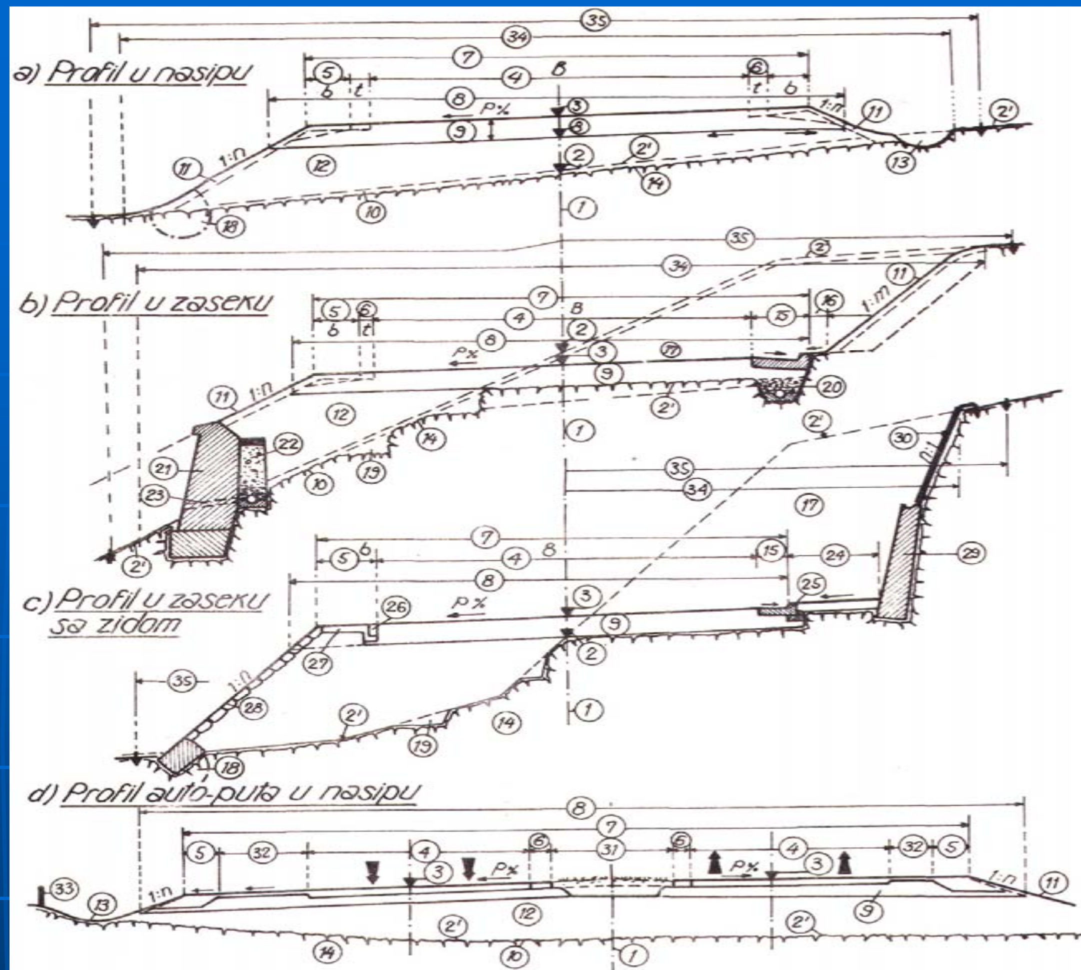
засеци (полузасеци) који су једним делом у усеку, а другим у насипу, док сам однос усека и насипа у попречном профилу зависи од попречног нагиба терена и односа коте терена и коте планума пута

- ✓ темељно тло (подтло) или основа насипа је посебно припремљена и обрађена површина тла (природног терена) преко које се гради насип пута
- ✓ постељица (планум доњег строја) је припремљена површина завршног слоја доњег строја у насипу или усеку преко које се полаже коловозна конструкција; под постељицом се често подразумева не само површина, већ и слој дебљине 30-50 cm, чије се геомеханичке карактеристике носивости користе при димензионирању коловозне конструкције
- ✓ планум пута је површина пута на ширини коју чине коловозна конструкција, ивичне траке и банкине

- конструкције за заштиту и обезбеђење доњег строја пута су елементи којима се штити труп пута од негативних утицаја воде, мраза, земљаних сила, ерозије, температурних промена и промена влажности (одводни канали, дренаже, пропусти, обложни и потпорни зидови, заштитни слојеви...)
- објекти су елементи доњег строја пута који служе за обезбеђење проласка трупа пута кроз или преко земљаних или стенских маса, удолина, природних и вештачких препрека и нестабилних маса (мостови, вијадукти, подпутњаци, надпутњаци, подвожњаци, надвожњаци, пропусти, тунели, галерије...)



Попречни профили трупа пута



Елементи попречног профила трупа пута и доњег строја

- ✓ елементи доњег строја пута су одређени ширином планума пута за насип, уз додатак ригола и берми за усек

  све димензије елемената на основу којих се пројектују елементи доњег строја су дефинисане одговарајућим прописима за пројектовање, пројектним задатком или техничким условима и стандардима за пројектовање (углавном према рангу пута и категорији терена, али се неки морају одредити или срачунати на основу економских, теренских, локалних и других услова)

  решавање дилема: дубок усек или тунел, висок насип или вијадукт, однос нивелете, трасе и природног терена на стрмим падинама

Геотехнички параметри тла

- пројектовање: подаци који приказују физичко-механичке карактеристике материјала од којих и у којима се граде геотехнички објекти
- изградња: подаци на основу којих се оцењују тешкоће ископа, ситњења, утовара и уграђивања одговарајућим оруђима
- код ситнозрних материјала својства су повезана са гранулацијом, пластичношћу, влажношћу и густином/збијеношћу
- код стеновитих материјала својства су повезана са минералошким, петрографским и физичко-механичким особинама

- ✓ класификација тла и стена

  не постоји општеприхваћен систем инжењерско-геолошке и геотехничке класификације тла и стена

  сваки од поступака класификације је заснован на одређеним карактеристикама материјала, односно груписању према сличним особинама и прилагођен посебној намени (недостаци и предности за одређену намену)

  Класификација материјала за потребе саобраћајница према стандарду за земљане радове на путевима (JUS U.E1.010)-подобност тла за извршење земљаних радова (ископ, утовар, превоз, уграђивање, збијање) и подобност тла као основе на којој ће се градити труп пута (носивост, стишљивост, осетљивост)

земљана тла (хумусна, ситнозрна везана-кохерентна, ситнозрна невезана-некохерентна, мешовита)

камените тла (получврста, чврста, веома чврста)

специјална

Класификација тла према привременим техничким прописима за земљане радове у грађевинарству (GN200)-геотехничке карактеристике и алати који омогућавају откоп

I-VII категорија

недостатак ове две класификације је немогућност детаљнијег разврставања материјала с обзиром на савремена оруђа и непостојање квантитативних, већ описних показатеља за оцену материјала (субјективност и злоупотреба)

Класификација тла на основу отпора према ископу

стене код којих се ископ врши уз обавезну употребу експлозива

стене код којих се ископ врши директним разарањем путем разривања (са или без претходног минирања чвршћих партија)

тла код којих се ископ врши директно без претходне припреме

Класификација материјала према брзини распростирања сеизмичких таласа кроз тло-за нека оруђа при ископу и утовару, односно при бушењу у стенама

OZNAKA KLASE	Opis klasa tla i primeri (podela u dole navedene klase vredi za dobijanje, primenu i obradu tla)
1. Obradiva zemlja	Gornji sloj zemlje sa rastinjem, naročito bogat biljkama, sadrži humus ili glinu, debljina do 40 cm
2. Zemljišta koja zadržavaju vodu	Vrste zemlje koje sadrže toliko vode, da su ili meke ili čak tečne,a teško ispuštaju vodu. Na primer, mulj i glina
3. Laka tla Nevezana tla	Nevezani pesak i šljunak do veličine zrna 60 mm, bez ili sa malo veziva od glinovitih vrsta tla
4. Srednje teška tla	Tla klase 3. sa veličinom zrna većom od 60 mm, na primer, lomljeno kamenje, oblutak, stenje ukoliko ne pripada klasi 6.
5. Vezana srednje teška tla	Vrste zemljišta koje u prirodno vlažnom stanju ima znatnu povezanost, na primer, glinoviti pesak, ilovača, lapor; još je obradivo lopatom
6. Teška tla	Veoma vezane i žilave vrste tla, na primer, masna kruta glina ili tla klase 5. koja su tako isušena da se ne mogu odvajati lopatom. Zatim tla 4. i 5. u kome ima mnogo oblutaka, nanosa i kamenja do veličine zrna do 200 mm, građevinska i čvrsta šljaka
7. Laka kamenita tla	Ležište rastresitog kamena, koje je veoma trošno, drobljivo, puno pukotina, lomljivo, škriljasto; slojevi peska ili šljunka koji su hemijski očvrsli i slojevi lapora u kojima ima mnogo kamena većeg od 200 mm veličine zrna. Ove vrste zemljišta jedva se mogu kopati bez radova sa eksplozivom
8. Teško kamenito tlo	Ležište čvrstog kamena, koje se zbog njegove čvrstoće obično minira, deponije šljake iz livnica, nasuto kamenje i razlomljene stene zapremine preko 1 m^3

Класификација тла према могућностима извођења геотехничких радова (DIN 18300)

Kategorija prema Gradjevinskim normama GN.200	I	II	III	IV	V	VI	VII
Kategorija za primenu mašinskog rada	a	b	b	c	c	d	d
Svojstva	Rastresita i nevezana tla	Slabo vezana tla	Čvrsto vezana tla	Trošne, jako ispucale i meke stene	Polučvrste stene (kamenita tla)	Čvrste stene (kamenita tla)	Vrlo čvrste stene (kamenita tla)
Vrste tla	Rastresita zemlja, humus, nevezan šljunak, čist pesak, rastresit les	Plodna zemlja, mekša zdravica, prašinoviti i glinoviti peskovi i šljunkovi slabo vezani	Jako plastične gline, peskovite i prašinovite gline, glinoviti šljunkovi, glinci, laporci, itd.	Tla koja čine prelaz ka stenama (glinci glinoviti škriljci, laporci, meki peščari, filiti, tufovi, gips, trošne stene, konglomerati i breče sa slabijim vezivom, raspadnuti krečnjaci, itd.	Srednje čvrste stene (peščari, lapori, srednje vezani konglomerati, raspadnuti škriljci kao i raspadnute zone čvrstih i veoma čvrstih kamenitih tla)	Čvrste ali krte stene, jedri krečnjaci, dolomiti, peščari, konglomerati debelih slojeva i dobro cementovani i druge sedimentne metamorfne i eruptivne stene srednje čvrstoće i ispucalosti	Vrlo čvrste i žilave eruptivne stene (granit, bazalt, kvarcit, dijabaz, gabro i dr.)
Sredstva za iskop a) ručni alati:	lopata, a po potrebi ašov	ašov	ašov i kramp	kramp, ćuskija, klinovi, a eksploziv samo za rastresanje	kramp, ćuskija klinovi, eksploziv	eksploziv	eksploziv
b) mehanička orudja:	utovarna kašika	bageri i orudja strugalice (buldozer, skreper, grejder)		riljači (riperi i plugovi) buldozeri		primena eksploziva	
Zapreminske težine u prirodno vlažnom stanju kN/m^3	15 do 17	16 do 18	18 do 20	19 do 27	22 do 28	23 do 29	24 do 30
Rastresitost (prosek): a) privremena; b) stalna:	15% 0 do 2%	20% 0 do 2%	25% 0 do 4%	30% 6%	35% 8%	45% 15%	50% 20%

Модификована класификација материјала с обзиром на услове откопа и извршења радова

Јединствена класификација тла (USCS)-званично призната као међународна геотехничка класификација

шљунак, минерални састојци величине зрна 60-2 mm

песак, минерални састојци величине зрна 2-0,06 (0,075) mm

прашина, минерални састојци величине зрна 0,06 (0,075)-0,002 mm

глина, минерални састојци величине зрна испод 0,002 mm

органско тло, ситни органски састојци настали распадањем органских и биљних материјала

тресет, влакнасти састојци биљног порекла

подела је заснована на карактеристикама гранулометријског састава и пластичности

минимум квантитативних и квалитативних показатеља

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Glavna podjela			TERENSKA OPAŽANJA: Cijeli materijal isključujući čestice promjera većeg od ~130 mm (5")		TERENSKA OPAŽANJA: Samo čestice manje od ~3mm (1/8")	GRUPNI SIMBOLI		NAZIV I OPIS GRUPA TLA	OSTALI PODACI KOJI SE DODAJU STANDARDNIM NAZIVIMA PRI TERENSKOJ KLASIFIKACIJI	DODATNI PODACI ZA OPIS TLA PRI TEMELJENJU
KRUPNOZRNATA TLA Više od polovine materijala ostaje na situ br. 200 - 0,074 mm (Čestica od 0,074 je najmanja koja se još može razabrati prostim okom)	Šljunak i šljunkovita tla Više od polovine krupnih čestica je veća od ~4,5 mm (sito br. 4)	Šljunak	Dobro graduirane krupne i sitne čestice	Postoje znatne količine svih krupnih frakcija (do največeg zrna uzorka)	Dovoljno glinastih čestica da vrlo dobro veže materijal. Mješavina mora biti dovoljno glinovita da međusobno povezuje sve krupne čestice uključujući i najveće	GC		Šljunak s pjeskovito-glinovitim vezivom Graduirana sljunkovito-pjeskovita mješavina s izvrsnim vezivom	Šljunak: Približni postotak, najveće zrno, oblik i stanje površine, drobljivost ili tvrdoća Primjer: Šljunak s pjeskovito-glinovitim vezivom šljunka 40 %, najveće zrno 10 cm, zrna vrlo uglasta, gruba površina, drobljiv	Kod opisa tala koja se upotrebljavaju u neporemećenom stanju, treba naglasiti stanje u kojem se nalaze. Neka svojstva koja su od bitnog interesa za neporemećena tla ovdje su navedena.
					Prilično čist do čist materijal. Samo malen dio čestica se ne može raspoznati okom. Nema dovoljno glinovitih čestica da međusobno povezuju zrnca pijeska. Kada je mokar, materijal nema kohezije ili plasticiteta	GW		Šljunak-pijesak dobro graduiran. Dobro graduiran šljunak i šljunkovito-pjeskovite mješavine. Malo ili ništa finih čestica	Šljunak: Približni postotak, najveće zrno, oblik i stanje površine, drobljivost i tvrdoća Primjer: Šljunak-pijesak dobro graduiran, oko 50 % šljunka, najveće zrno 7,5 cm	
			Slabo graduirano	Prevladava jedna ili više frakcija sljunka.		GP		Šljunak-slabo graduiran. Slabo graduiran šljunak i šljunkovito-pjeskovite mješavine Malo ili ništa tvrdih čestica	Šljunak: Približni postotak, najveće zrno, prevladavajuća veličina, oblik i stanje površine, drobljivost ili tvrdoća Primjer: Šljunak slabo graduiran. Oko 70 % šljunka, največe zrno 5 cm, prevladavajuća veličina 1,3-2,5 cm, vrlo zaobljena. Glatka površina vrlo tvrda	Šljunak: Struktura (za uslojeno opiši svaki sloj) cementacija (dobro, slabo ili nema) sredstvo cementiranja; prirodna gustoća; prirodna vlaga; propusnost; opći geološki opis ili lokalni naziv Primjer: Šljunak-slabo graduiran (SP) krupan, čist, zbit, slabo cementiran, propustan, sadrži tanke (6 mm), dobro cementirane nepropusne leće od sitnog pijeska (pleistocenski pijesak i šljunak)
						GU		Šljunak-jednoličan. Šljunak sa samo stanovitim frakcijama. Uskog granulometrijskog područja. Bez finih čestica	Šljunak: Približni postotak, najveće zrno, prevladavajuća veličina, oblik i stanje površine, drobljivost i tvrdoća Primjer: Šljunak jednoličan, šljunak 100 %, najveće zrno 6 cm, zrna u području 3-6 cm, površina tvrda i hrapava, zrna uglata	
		Šljunkovita tla		Prljav materijal, krupne čestice s previše sitnih čestica, tj. znatan se dio čestica ne može raspoznati prostim okom	Veliki dio čestica se ne može raspoznati prostim okom, a materijal kada je mokar ima malo ili ništa plasticiteta ili kohezije	GF_S		Šljunak s prekomjerno prašine. Vrlo prašinasti šljunak, slabo graduirane šljunkovito-pjeskovite prašinaste površine	Šljunak: Približni postotak najveće zrno, opisi materijal manji od 0,32 cm kao vrlo prašinast, srednje prašinast ili malo prašinast. Primjer: Šljunak s prekomjerno prašine. Oko 50 % šljunka, najveće zrno 10 cm. Materijal manji od 0 30 cm srednje je prašinast	
					Veliki dio čestica se ne može raspoznati prostim okom i materijal kada je mokar ima jasni plasticitet i koheziju	GF_C		Šljunak s prekomjerno gline. Glinoviti šljunak, slabe graduirane šljunkovito-pjeskovito-glinene površine	Šljunak: Približni postotak najveće zrno, opisi materijal manji od 0,32 cm kao vrlo glinovit, srednje glinovit ili malo glinovit. Primjer: Šljunak s prekomjerno gline. Oko 40 % šljunka, najveće zrno 4 cm. Materijal manji od 0,30 cm vrlo je glinovit	Pijesak: Isto kao šljunak, uključi rezultate standardnih perkusionih pokusa tla ili uzorka ako postoje. Primjer: Pijesak dobro graduiran. Srenji do sitan, čist, necementiran, vrlo vlažan, izgleda male gustoće, neuslojen, vjerojatno propustan: PR = 10 udara stopa
	Pijesak i pjeskovita tla Manje od polovine krupnih čestica je veća od ~4,5 mm (sito br. 4)	Pijesak	Dobro graduirane krupne i sitne čestice	Postoje znatne količine svih veličina čestica do najvećeg zrna uzorka	Dovoljno glinovitih čestica koje vrlo dobro povezuju materijal. Mješavina mora također biti glinovita da povezuje međusobno sve krupne čestice do maksimalne veličine	SC		Pijesak s glinovitim vezivom. Dobro graduirani pijesak s izvrsnim glinovitim vezivom	Oblik i drobljivost zrnca, približni postotak šljunka, boja tla Primjer: Pijesak s glinovitim vezivom. Oko 15 % šljunka, šljunak uglast i vrlo tvrd, vezivo vrlo jasno svijetlosmeđe	
					Prilično čist do čist materijal. Samo malen dio čestica ne može se raspoznati prostim okom. Nema dovoljno glinovitih čestica da međusobno povežu zrnca pijeska. Kada je mokar, materijal nema kohezije ili plasticiteta	SW		Pijesak dobro graduiran. Dobro graduirani pijesci i šljunkoviti pijesak. Malo ili ništa finih čestica	Oblik i drobljivost pjeskovitih zrnaca, približni postotak šljunka, čist ili malo zamazan, boja tla Primjer: Pijesak dobro graduiran. Oko 20 % šljunka, pijesak vrlo zaobljen i vrlo tvrd, vrlo čist, svijetlosiv	
			Slabo graduirano	Prevladava jedna frakcija pijeska ili više njih		SP		Pijesak slabo graduiran. Slabo graduirani pijesak i šljunkoviti pijesak. Malo ili ništa finih čestica	Pijesak: Krupni, srednji ili fini, oštar ili vrlo zaobljen, čist, malo prljav ili prašinast, približni postotak šljunka, boja Primjer: Pijesak slabo graduiran. Vrlo fini, vrlo zaobljen svijetlosiv, znatne prašine, šljunka nema	
						SU		Pijesak-jednoličan. Pijesak sa samo stanovitim frakcijama uskog granulometrijskog područja. Bez finih čestica	Pijesak: Krupni, srednji ili fino oštar ili zaobljen Primjer: Pijesak jednoličan, srednji, ostar, svijetlosmeđi, šljunka i prašine nema, zrna u području 0,5-1,5 mm	
		Pjeskovita tla		Prljav materijal, krupne čestice s previše sitnih čestica tj. znatan se dio čestica ne može raspoznati prostim okom	Veliki dio čestica ne može se raspoznati prostim okom, ali materijal kada je mokar ima malo ili (gotovo) ništa plasticiteta ili kohezije	SF_S		Pijesak s prekomjerno prašine. Vrlo prašinast pijesak slabo graduirane pjeskovito-prašinaste mješavine	Pijesak: Fini, srednji do fini, ili krupni do fini. Prašina: Veliki, srednji ili mali udio. Glina: Tragovi ili neznatna količina. Približni postotak šljunka. Primjer: Pijesak s prekomjerno prašine. Pijesak vrlo fini, veliki dio prašine, neznatno gline, crvenkastosmeđe bez šljunka	
					Veliki se dio čestica ne može raspoznati prostim okom, a materijal kada je mokar ima izrazit plasticitet i koheziju	SF_C		Pijesak s prekomjerno gline. Glinoviti pijesak, slabo graduirane pjeskovito-glinovite mješavine	Pijesak: Krupni srednji do fini ili krupni do fini. Glina: Veliki srednji ili mali udio. To je vrlo umjereno ili malo plastična. Boja. Približni postotak šljunka. Primjer: Pijesak s prekomjerno gline, mali dio finog pijeska, tlo vrlo plastično, tamnosivo, šljunka nema	

Јединствена класификација тла-крупнозрно тло

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		IDENTIFIKACIJSKI POKUSI S ČESTICAMA MANJIM OD ~ 3 mm (1/8")							Grupni simboli		Naziv i opis grupa tla	Ostali podaci koji se dodaju standardnim nazivima pri terenskoj klasifikaciji	Dodatni podaci za opis tala pri temeljenju
		Opća karakteristika - makro	Suha čvrstoća	Sjaj (stepen)	Plasticitet (vrsta valjčića)	Reakcija na potresanje	Miris	Boja					
SITNOZRNATA TLA Više od polovine materijala prolazi kroz sito br. 200 - 0,074 mm Čestica od 0,074 je najmanja koja se još može razabrati prostim okom	Prašinasta i glinovita tla s malom stišljivosti	Praktički neplastično i nekohezivno	- Nikakva - Smrvljeno tlo pjeskovito pod zubima	Nikakav do vrlo mutan	- Vrlo slabi valjčić - Lako se mrvi	Brza	Nije bitan (obično ga nema)	(Nije bitna) obično siva, plavkasto siva, žutosmeđa, crvenkasta ili žuta	ML		Prah Anorganski prah i vrlo fini pijesak, kameno brašno, brašnasti ili glineni pijesak s malim plasticitetom.	Prisutnost tragova gline, organske tvari ili pijeska. Boju treba navesti. Primjer: Prah s tragovima gline i znatna količina finog pijeska. Svijetložuta smeđa boja.	Sitnozrnasta tla: Struktura (uslojeno kao les masivna površina. Konsistencija vrlo meka, polutvrda, tvrda i vrlo tvrda). Cementacija (dobra, srednja, nema), zbijenost, prirodna vlaga (suho, vlažno, vrlo vlažno, mokro). Odnos prirodne vlage prema granici tečenja i plastičnosti, osobine bubrenja i stezanja. Raspadanje, opći geološki opis i lokalni naziv. Standarni perkusioni rezultati ako postoje. Primjer: Prah ML, čvrst, neuslojen, slabo cementiran, malo vlažan, vrlo mala gustoća, mnogo vertikalnih rupa od korijena žutosmeđe boje. Primjer: Masna glina (CH) konsolidirana tvrda, malo vlažna (ispod granice plastičnosti) masivna, raspada se brzo izložena zraku, tamnosiva, vrlo plastična pošto je namočena i obrađena PR = 50 udara/stopu. Primjer: Glina organska i treset (OH & Pt) izmjenični slojevi vrlo meki, vrlo mokri (dosta blizu granice tečenja) organska glina i treset vrlo konpresibilno, vlaga se lako istiskuje pod malim pritiskom, jako se steže pri sušenju, crna.
		Umjereno plastično i kohezivno	- Mala do srednja - Smrvljeno tlo pjeskovito pod zubima	Slab do srednji	- Slabi srednje tvrd - Materijal se prima za ruke	Nikakva ili vrlo spora	Neznatno zemljan	(Nije bitna) obično tamnosmeđa, žutosmeđa, crvenkasta, tamna	CL		Glina prašinasta. Anorganske gline malog plasticiteta, pjeskovite gline, prašinaste gline.	Malen plasticitet, izgleda malo ili vrlo prašinasto. Sadrži znatno ili ništa pijeska. Boja. Primjer: Glina malo plastična. Vrlo prašinasta. Znatna količina pijeska. Crvenkastosmeđa boja.	
		Malo plastično i kohezivno	- Mala - Smrvljeno tlo pjeskovito pod zubima	Nikakav	- Mekan slabi valjčić - Materijal se prima za prste	Nikakva ili vrlo spora	Po organskoj truleži	Tamna, vrlo tamna smeđa, vrlo tamnosiva	OL		Prah organski Organski prah i organske prašinaste gline malog plasticiteta	Organski ostaci vidljivi ili nevidljivi. Miris gnjile organske tvari slab do jak. Boja. Primjer: Prah organski. Nema vidljivih organskih ostataka ali miris organskih tvari vrlo jak. Tamnosmeđa boja.	
	Prašinasta i glinovita tla sa srednjom stišljivosti	Srednje plastično i kohezivno	Nikakva do mala	Nikakav do vrlo mutan	Slabi meki valjčići	Polagana do srednja	Obično nikakav	(Nije bitna) obično siva, plavosiva, žutosmeđa, crvenkasta ili žuta	MI		Prah glinovit Glinovit prah, pjeskovit glinovit prah, srednje stišljiv	Prisutnost gline i pijeska. Boja. Primjer: Prah glinovit. Finog pijeska ima u malim količinama. Sive boje.	
		Srednje plastično i kohezivno	Srednja do velika	Srednji do sjajan	- Srednje tvrd valjčić - Materijal se lijepi za prste	Nikakva	Zemljan	(Nije bitna) obično tamnosmeđa, žutosmeđa, crvenkasta ili tamnosiva	CI		Glina mršava Anorganske gline srednjeg plasticiteta, srednje stišljive	Navesti primjese kao prah i pijesak, miris, boja. Primjer: Glina mršava, srednjeg plasticiteta. Vrlo male količine pijeska i praha. Boja crvenkastosmeđa	
		Malo do srednje plastično i kohezivno	Mala do srednja	Malen do srednji	- Mekan valjčić - Materijal se prima za prste	Nikakva	Po organskoj truleži	Tamna, tamnosmeđa ili vrlo tamnosiva	OI		Glina organska srednjeg plasticiteta Organske gline srednje stišljive	Vidljivost i jačina mirisa organskih tvari. Boja. Primjer: Glina organska, osjeća se miris po organskoj truleži. Boja tamnosmeđa.	
	Prašinasta i glinovita tla s visokom stišljivosti	Umjereno plastično i kohezivno	Mala do srednja Smrvljeno tlo se osjeća kao milovka	Nikakav do mutan	- Vrlo mekan slab do srednje tvrd valjčić - Slab	Polagana ali jasna	Nije bitan (obično nema)	Obično svijetle pastelne nijanse od plave, zelene, žute, ružičaste ili bijele	MH		Tinjčasta i dijatomejska tla Tinjčasti ili dijatomejski fini pijesak ili prašinasti. Pijesak elastični prah vrlo stišljiv	Prisutnost tragova gline. Malen do srednji plasticitet i boje. Primjer: Prah elastičan. Malo glinovit i srednjeg plasticiteta. Gotovo bijelo	
		Vrlo plastično i kohezivno	- Velika do vrlo velika - Nemože se zdrobiti pritiskom prstiju	Vrlo sjajan	- Vrlo tvrd valjčić - Materijal se vrlo lijepi za prste	Nikakva	Jako zemljan	(Nije bitna) Obično tamnosmeđa, crvenkasta, plava ili žuta	CH		Glina masna Anorganske gline visokog plasticiteta vrlo stišljive	Ako ima pijeska i organskih tvari. Boja. Primjer: Glina masna. Nema pijeska ni organskih tvari. Tamno plava boja.	
		Umjereno do vrlo plastično i kohezivno	- Umjerena do jaka - Katkad malo vlaknasto	Srednji do sjajan	- Mekan do srednje tvrd valjčić - Čest slab i vlaknast	Nikakva	Po organskoj truleži	Obično vrlo tamna kao crna, smeđa ili siva	OH		Glina organsko visokog plasticiteta Organske gline vrlo stišljive	Slab do vrlo jak organski miris. Vidljivost vlaknastog materijala. Boja. Primjer: Glina organska. Organski miris slab. Vidljiv vlaknasti materijal. Crna boja	
Organska tla		Vlaknasto i vrlo organsko vrlo plastično	- Malo do srednje - Smrvljeno tlo u biti vlaknasto	Nikakav do mutan	- Vrlo mekan slabi vlaknasti valjčić - Sluzav opip	Nikakva	Po organskoj truleži	Obično vrlo tamna kao crna, smeđa ili siva	P_t		Tresetasta tla Treset i ostala jako organska močvarna tla	Vrlo srednji do malo vlaknast. Truli organski miris slab do vrlo jak. Boja. Primjer: Tresetasto tlo. Vrlo vlaknasto. Organski miris vrlo jak. Vrlo tamna boja	

JEDNOSTAVNI IDENTIFIKACIJSKI POKUSI

KRUPNOZRNASTO TLO

Oblik zrna: uglast, poluuglast, poluzaobljen, obli

Gradacija: vizualna ocjena sadržaja pojedinih grupa zrna

SITNOZRNASTO TLO

Suha čvrstoća: drobljenje suhih grudica, velika, srednja, mala, nema

Sjaj: zarezivanje suhog ili vlažnog grumena, veoma sjajno, srednje sjajno, mutno, nema

Tvrdoća valjčića: ocjenjuje se na valjčiću ϕ 3 mm u granici krutosti - velika, srednja, mala

Reakcija na potresanje: potresanje grumena vlažnog materijala na dlanu i stiskanje pokazuje brzinu i veličinu pojave vode – brza spora, nikakva

Miris i boja: na svježe zarezanoj plohi; tamna boja i miris indikacija organskih primjesa

Јединствена класификација тла-ситнозрно тло

GLAVNA PODELA TLA			LABORATORIJSKI KLASIFIKACIONI KRITERIJUMI TLA				SIMBOL GRUPE TLA
KRUPNOZRNA TLA Više od 50 % zrna je krupnije od 0,075 mm	ŠLJUNKOVI I ŠLJUNKOVITA TLA Više od 50 % krupnozrne frakcije je veće od 2 mm	ČISTI ŠLJUNKOVI	Klasifikacija na osnovu procenta sitnih frakcija Manje od 5 % GW, GU, GP, SW, SU, SP Više od 12 % GF, GC, SF, SC	Od 5 % do 12 % granični slučajevi zahtevaju dvojne simbole	Cu > 4 i Cz između 1 i 3		GW
					Ne zadovoljava oba gore navedena uslova za GW	Preovladava jedna frakcija	GU
						Nedostaje jedna frakcija	GP
		ŠLJUNKOVI SA SITNIM FRAKCIJAMA			Atterbergove granice ispod "A" linije i Ip < 4	Atterbergove granice iznad "A" linije i Ip između 4 i 7 zahtevaju dvojne simbole	GF
					Atterbergove granica iznad "A" linije i Ip > 7		GC
	PESKOVI I PESKOVITA TLA Više od 50 % krupnozrne frakcije je manje od 2 mm	ČISTI PESKOVI			Cu > 6 i Cz između 1 i 3		SW
					Ne zadovoljava oba gore navedena uslova za SW	Preovladava jedna frakcija	SU
						Nedostaje jedna frakcija	SP
		PESKOVI SA SITNIM FRAKCIJAMA			Atterbergove granice ispod "A" linije i Ip < 4	Atterbergove granice iznad "A" linije i Ip između 4 i 7 zahtevaju dvojne simbole	SF
					Atterbergove granica iznad "A" linije i Ip > 7		SC
SITNOZRNA TLA Više od 50 % zrna je sitnije od 0,075 mm	PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA	NISKE PLASTIČNOSTI Granica tečenja 35 % ili manje	indeks plastičnosti Ip (%) / granica tečenja LL (%) Približna gornja granica za prirodna tla A - linija NP, SC, SC-SF, SF, CL, ML, OL, CI, MI, OI, CH, MH, OH Ip: 4, 7, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 LL: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100				ML
							CL
							OL
	PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA	SREDNJE PLASTIČNOSTI Granica tečenja između 35 % i 50 %					MI
							CI
							OI
	PRAŠINE, GLINE I ORGANSKA TLA	VISOKE PLASTIČNOSTI Granica tečenja 50 % ili više					MH
							CH
							OH
JAKO ORGANSKA TLA			Na osnovu vizuelne makroklasifikacije				Pt

Јединствена класификација тла-квантитативни показатељи

Класификација управе јавних путева САД (AASHTO)-систем погодан за класификацију земљаних материјала у трупу и постељици путева

Opšta klasifikacija	Zrnasti materijal /35% ili manje od ukupne količine prolazi kroz sito otvora 0,074 mm							Prašinovito glinoviti materijal /više od 35% od ukupne količine prolazi kroz sito 0,074			
Klasifikacija grupa:	A_1		A_3	A_2				A_4	A_5	A_6	A_7
	A_{1a}	A_{1b}		A_{2-4}	A_{2-5}	A_{2-6}	A_{2-7}				A_{7-5} A_{7-6}
Granulometrijski sastav:											
prolazi kroz sito, otvora 2 mm	50 max										
prolazi kroz sito, otvora 0,42 mm	30 max	50 max	51 min								
prolazi kroz sito, otvora 0,074 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Karakteristike frakcije koja prolazi kroz sito 0,42 mm											
granica tečenja %			nije	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
indeks plastičnosti %	6 max		plast.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Grupni indeks	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
Najčešće vrste važnih frakcija materijala	drobina, šljunak i pesak		fino-zrni pesak	Prašinoviti ili glinoviti šljunak i pesak				Prašinovita tla		Glinovita tla	
Opšta vrednost tla za posteljicu	Odlična do dobra					Osrednja do slaba					

AASHTO класификација тла

Општа инжењерско-геолошка класификација- заснована на чврстоћи физичке везе између суседних минерала у чврсто везаним стенама или суседних зрна и честица у полувезаним и невезаним седиментима и укупној чврстоћи стенске масе

чврсто везане стене

полувезани или кохерентни седименти

невезани седименти

Класификација према осетљивости на смрзавање- гранулометријски састав, ниво подземних вода, дужина трајања мраза (неосетљиво, слабо осетљиво, средње осетљиво, јако осетљиво)

методе A.Casagrande-а, Rukley-а, USCS, Француска (гранулометријски састав, пластичност, бубрење)

- параметри тла

Физичке карактеристике:

минералошки састав	текстура
боја	стање распаднутости
степен испуцалости	постојаност

гранулометријски састав (величина зрна, облик гранулометријске криве, ефективна и средња величина зрна, коефицијенти униформности и закривљености)

облик зрна	специфична тежина
порозност	коефицијент порозности
влажност	степен засићења
садржај ваздуха	специфична површина зрна

тежине и запремине (јединична тежина тла, јединична тежина у сувом стању, јединична тежина чврстих честица, јединична тежина у засићеном стању, јединична тежина у потопљеном стању)

пластичност (границе консистенције-граница течења, граница пластичности, граница скупљања, индекс пластичности, индекс течења)

колоидална активност глине

збијеност (релативна збијеност, индекс збијености, оптимална влажност, максимална јединична тежина у сувом стању, степен збијености)

водопропусност (капиларност, коефицијент водопропусности)

Механичке карактеристике:

деформабилност и стишљивост (коефицијенти притиска тла, модули запреминске деформације и смицања, порни притисци, Poisson-ов коефицијент, модул еластичности, специфична деформација, модул стишљивости, коефицијент запреминске стишљивости, константа стишљивости, коефицијент стишљивости, индекс стишљивости, индекс бубрења/рекомпресије, коефицијент консолидације, степен преконсолидације, напон преконсолидације)-слегање, носивост, притисци

чврстоћа тла (анвелопа напона лома, кохезија/привидна кохезија, угао трења/угао смичуће отпорности, напонска дилатанција)-стабилност косина

тотални/ефективни напони-недренирани/дренирани параметри-привремена/трајна стабилност

симбол	водопропусност	чврстоћа	стишљивост	уградљивост
GW	пропустив	изванредна	занемарљива	изванредна
GP	веома пропустив	висока	занемарљива	добра
GM	пропустив до непропустив	висока	занемарљива	добра
GF	практично непропустив	средња	врло мала	добра
SW	пропустив	изванредна	занемарљива	изванредна
SP	пропустив	висока	занемарљива	умерена
SF	полупропустив до непропустив	висока	мала	умерена
SC	непропустив	висока до средња	мала	добра
ML	полупропустива до непропустива	средња	средња	умерена
CL	непропустива	средња	средња	добра до умерена
OL	полупропустиво до непропустиво	слаба	средња	слаба
MH	полупропустива до непропустива	средња	слаба	слаба
CH	непропустива	слаба	слаба	слаба
OH	непропустиво	слаба	слаба	слаба

Физичко-механички описни показатељи материјала

Врста и обим истражних радова

- задатак је одредити услове за планирање, пројектовање, изградњу, одржавање и експлоатацију објеката
- инжењерско-геолошка и геотехничка истраживања и испитивања
- истражни радови и резултати (презентација у облику елабората/извештаја) су прилагођени обиму и врсти потребних података, фази израде пројекта, значају пута, теренским, климатским и другим условима
- примењена методологија мора да задовољи два услова: поступност и целовитост

- ✓ општа подела истражних радова

основна истраживања (истраживање развоја, састава и грађе земљине коре, утврђивање потенцијалности подручја у погледу проналажења минералних сировина, утврђивање стања, својстава и карактеристика стена и тла, утврђивање геотехничких особина тла за потребе планирања намене простора и погодности терена за изградњу, истраживања ради заштите животне средине, као и израду одговарајућих геолошких карата)

детаљна истраживања (положај, величина, облик, састав и грађа лежишта, квалитет и резерва минералних сировина и услови њиховог искоришћавања, особина терена ради утврђивања услова за пројектовање и изградњу и израду програма заштите животне средине)

- ✓ фазност истражних радова

  - студија мреже и генерални пројекат

  основна истраживања ради утврђивања и вреднована укупних геолошких потенцијала одређеног подручја, могућности и ограничења за планирање и уређење простора и рационалан размештај свих садржаја са становишта инжењерско-геолошких карактеристика, као и укупних геолошких услова за очување и заштиту природне средине

  основа за рад је постојећа документација уз рекогносцирање терена ради ажурирања података

  елаборат: подаци о условима за избор трасе, карактеристике терена за варијанте, стабилност терена и тешкоће које се могу очекивати приликом извођења радова, локације позајмишта и депонија

- идејни пројекат

детаљна истраживања са циљем да се прецизно дефинишу услови за нивелацију терена, избор и распоред објеката, избор начина темељења објеката, услови стабилности терена и објеката, пројектовање мелиорационих мера

основа за рад су теренски и лабораторијски истражни радови (узорковање и испитивање одговарајућим опитима)

елаборат: детаљни квантитативни подаци о карактеристикама материјала који изграђују терен у зони планираног пута за потребе пројектовања у ужој зони коридора од око 200-500 m, као и подаци о материјалима у идентификованим позајмиштима

- главни пројекат

допунска истраживања са циљем да се утврде евентуално недостајући подаци из претходне фазе истражних радова и дефинишу прецизни подаци за тешка места и локације већих објеката

основа за рад су теренски и лабораторијски истражни радови (узорковање и испитивање одговарајућим опитима)

елаборат: детаљни квантитативни подаци о карактеристикама материјала који изграђују терен на конкретним локацијама

- програм истражних радова

основа за извођење теренских и лабораторијских истраживања и испитивања

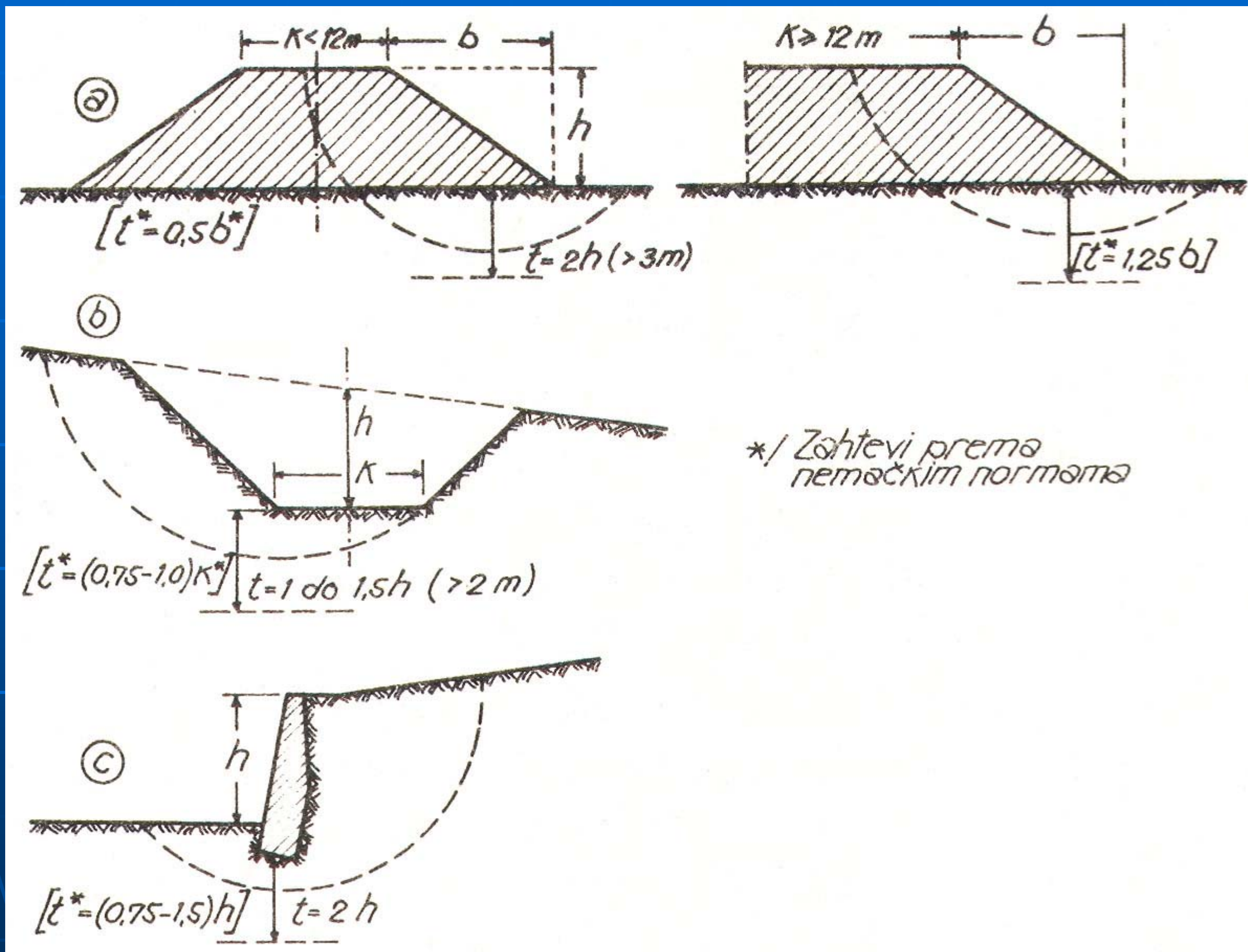
средства и поступци неопходни да би се решио одређени проблем, место на коме ће се извести и дубине до којих је нужно провести испитивање

обухват је простор у коме се очекују промене услед изградње грађевине

дубина и простор зависе од величине грађевине, карактеристика и оптерећења

број и дубина бушотина и јама зависе од тога да ли је подручје раније испитивано, да ли је геолошки уједначено, непознато или сложено, разуђено

сваки пројекат захтева детаљну анализу и посебан програм радова



Пример одређивања дубине сондирања

Пројектовање косина усека и насипа

- косине служе за прелаз са планума пута на околни природни терен и обезбеђење стабилности доњег строја-посебан третман
- нагиби косина и мере заштите утичу на стабилност објекта, појаву клизања косина, обим радова на одржавању и санационих радова у току експлоатације
- услови за избор нагиба косина

  оптимални нагиб косине зависи од врсте објекта и намене, замљаног материјала и стања у коме се налази, физичких и механичких карактеристика материјала, висине косине, локалних услова, предвиђених мера за заштиту косине

- економски: најстрмији могући нагиб пошто су запремине и површина експропријације најмањи, али су трошкови заштите, одржавања и санације највећи
- већина материјала max 1:1,5 (нормални нагиб)
- насипи од дробљеног камена или усеци у стени и лесу 1:1 и стрмије (тешко одржавање, могуће грешке у избору нагиба)
- блажи нагиби од 1:1,5 ако то захтевају особине материјала, уклапање у околину, геометријске карактеристике пута-оштре кривине/прегледност, опасност од завејавања
- различито је одређивање нагиба за усеке и насипе, хомоген и хетероген материјал, испуцале материјале, кохерентне и некохерентне материјале

- ✓ пројектовање косина

  општи приступ приликом пројектовања је да се користе оријентациони подаци добијени на основу практичних искустава и за усеке и насипе дубине/висине до 12 m и ако су обезбеђени основни услови стабилности (отпорност и хомогеност)

  услови коришћења оријентационих података: усек изнад нивоа подземне воде и у постојаном тлу, не постоје хомогени, влажни глинени слојеви, нема појаве суве, јако испуцале глине осетљиве на воду у површинској зони, усек није у лесном тлу, не постоје пешчана сочива испуњена водом иза косина, нагиб терена није формиран ранијим кретањима, тло око насипа је довољно носиво, материјал насипа мора бити доброг квалитета и хомоген, насипи изграђени и збијени према одговарајућим прописима

Redni broj	Vrsta tla	Vrsta tla	Stanja tla	Zapreminska masa kN/m^3	Visina nasipa				Dubina useka ***			
					< 3	3–6	6–9	9–12	<3*	3–6	6–9	9–12
					Nagib kosine							
1	Stena	Čvrsta stena			–	–	–	–	vertikalan			
2		Trošna stena			–	–	–	–	2:1 do 5:1			
3		Lomljen kamen (krupan)			1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1	1:1
4	Zrnasto	Lomljen kamen (sitan)	Gusto zbijeno		1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5
5		Šljunak (grubozrn) ili peskovit šljunak		21 do 24	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5	1:1,5
6		Krupnozrn ili srednjezrn pesak, bez prašine, ravnomerne granulacije		18 do 21	1:1,5	1:1,5	1:1,75	1:1,75	1:1,5	1:1,5	1:1,75	1:1,75
7		Sitnozrn, prašinast pesak ravnomerne granulacije		17 do 21	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2
8	Vezano	Prašinast, stvrdnut prašinovit pesak	Sa prirodnom vlažnošću ispod granice plastičnosti	17 do 21	1:1,5	1:2,5	1:2,75	1:3	1:1,5	1:2	1:2	1:2
9		Stvrdnuta prašina		18 do 22	1:1,25**	1:2	1:2,25	1:3	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2
10		Stvrdnuta peskovita glina		18 do 22	1:1,25**	1:1,75	1:2	1:2,75	1:1,25	1:1,25	1:1,5	1:1,75
11		Stvrdnuta srednje plastična glina		17 do 23	1:1,25**	1:1,75	1:2,5	1:3	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2
12		Visokoplastična glina		17 do 23	1:1,25**	1:1,75	1:3	1:4	1:1,25	1:1,25	1:2	1:2

NAPOMENA: */ Pri manjim dubinama useka od 2 m ako je moguće, zbog estetskih razloga da se primeni nagib kosine 1:2,5
**/ Ako to ne izaziva znatnije prekoračenje koštanja, poželjno je da se primeni nagib kosine 1:1,5
***/ Gornje ivice kosine useka su zaobljene

Оријентациони нагиби косина усека и насипа за карактеристичне врсте тла

Vrsta stene	A	B	C
Visina kosine m	Jedre neraspadnute stene: granit, gnajs, kristalizi-ran krečnjak, čvrsti kon-glomerati	Čvrsti krečnjaci i dolomitične stene, peščari i čvrsti škriljci	Delimično oštećene stene grupa A i B, manje čvrsti kreč-njaci, laporci i peš-čari
0 do 6 6 do 15 15 do 25 25 do 40	10 : 1 5 : 1 5 : 1 jedna berma 5 : 1 dve berme	5 : 1 3 : 1 3 : 1 jedna berma 3 :1 dve berme	3 : 1 2 : 1 2 : 1 jedna berma 2 : 1 dve berme

Vrsta stene	D	E
Visina kosine m	Glinoviti škriljci meki laporci, stene slabo vezane	Oslabeli, mehanički ispucali, jako oštećeni glinoviti škriljci i svi kameni materijali koji se ne mogu smatrati stenama
0 do 6 6 do 15 15 do 25 25 do 40	1,5 : 1 1,25 : 1 1,25 : 1 posebne mere	Nagibi kao kod vezanih i nevezanih zemljanih materijala. Neophodna ispitivanja

Оријентациони нагиби косина у различитим врстама стена при повољној услојености и испуцалости

Препоруке:

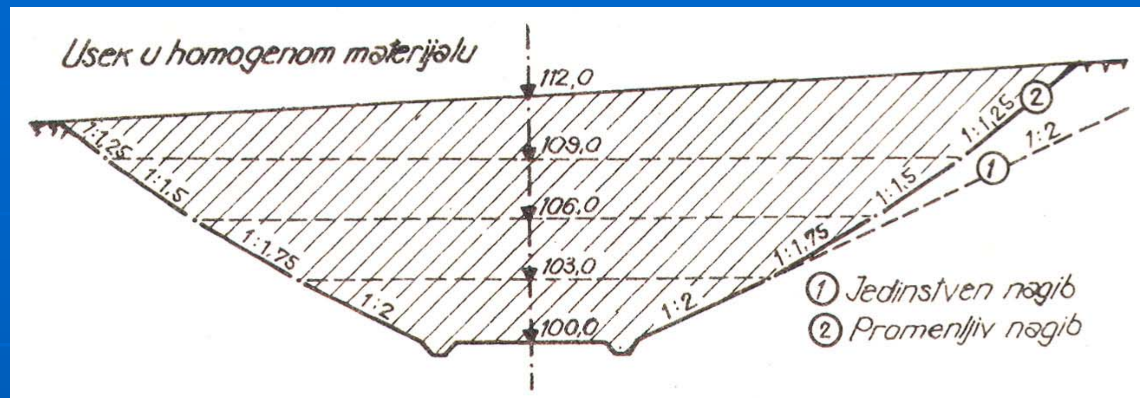
за хомогене материјале пројектовати јединствен нагиб или предвидети промену нагиба на сваких 3-4 m ради уштеде

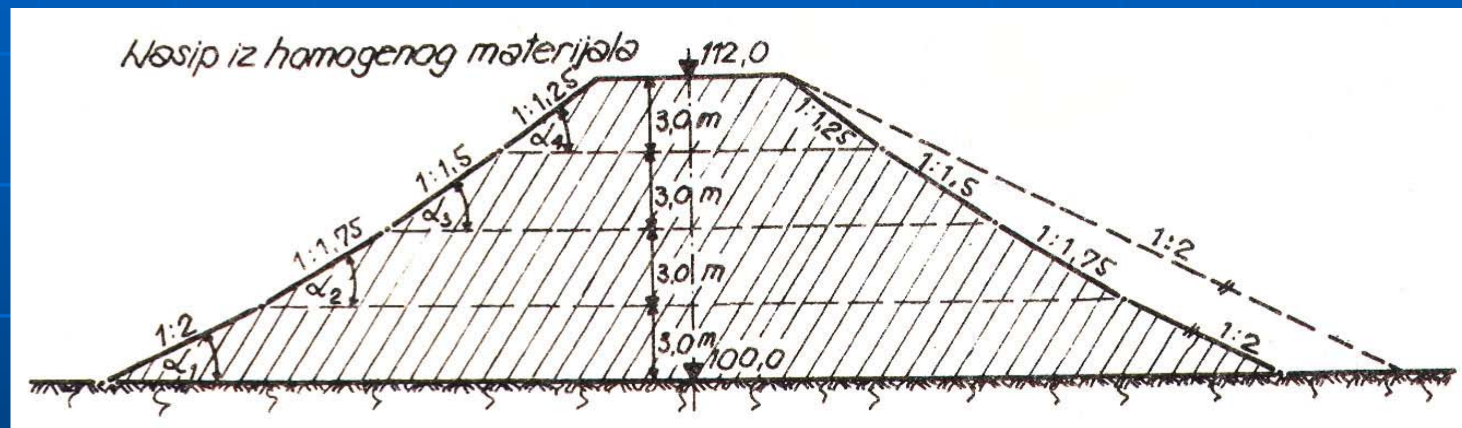
зависно од нагиба слојева у дубини и површине терена, пројектовати косине различитог нагиба због разлика у стабилности

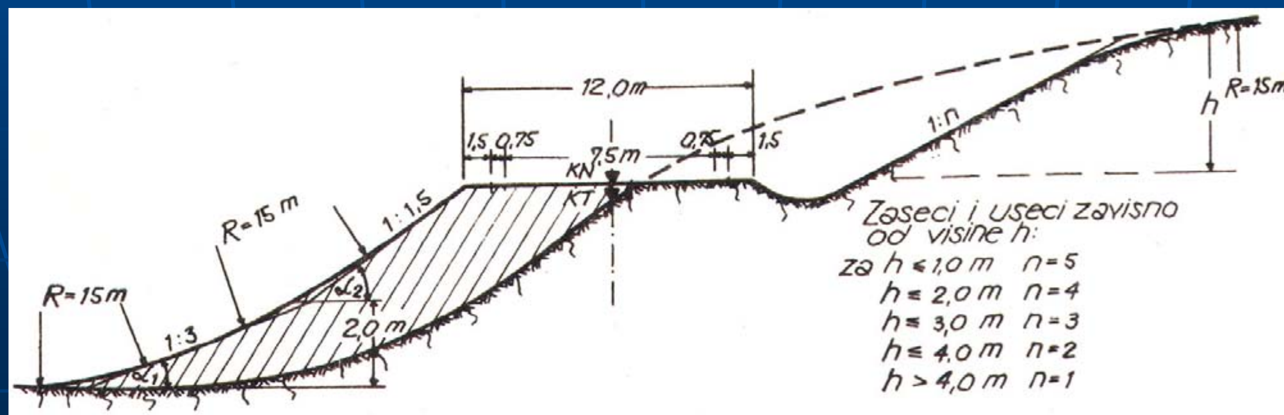
прилагодити нагибе косина карактеристикама материјала који их изграђују

применити потпорни зид ако је то економски оправдано (трошкови ископа, транспорта и одржавања)

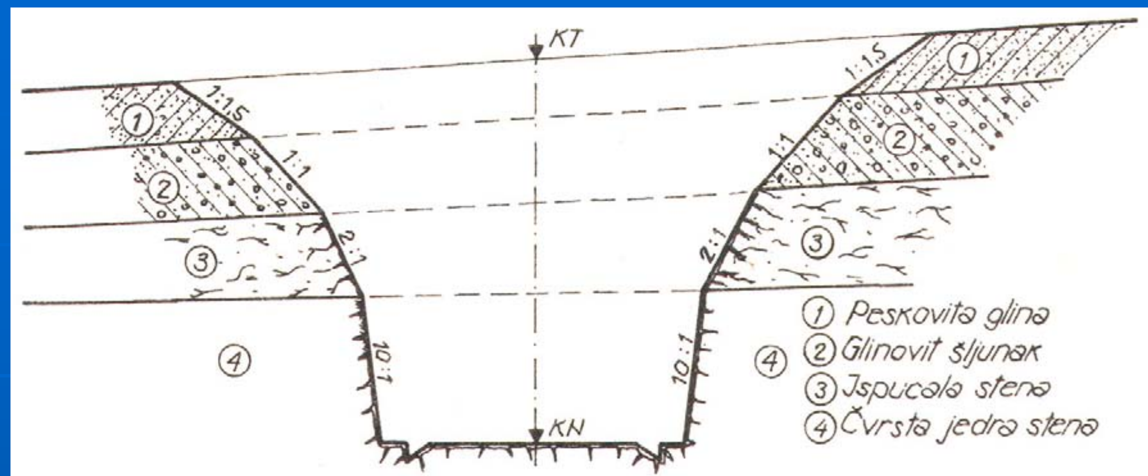
ублажити косину или спречити продор воде до слоја осетљивог на провлажавање и струјање воде

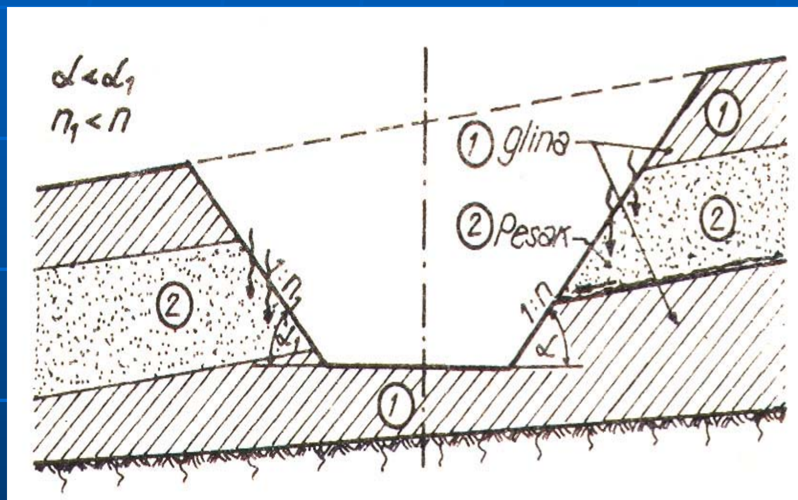


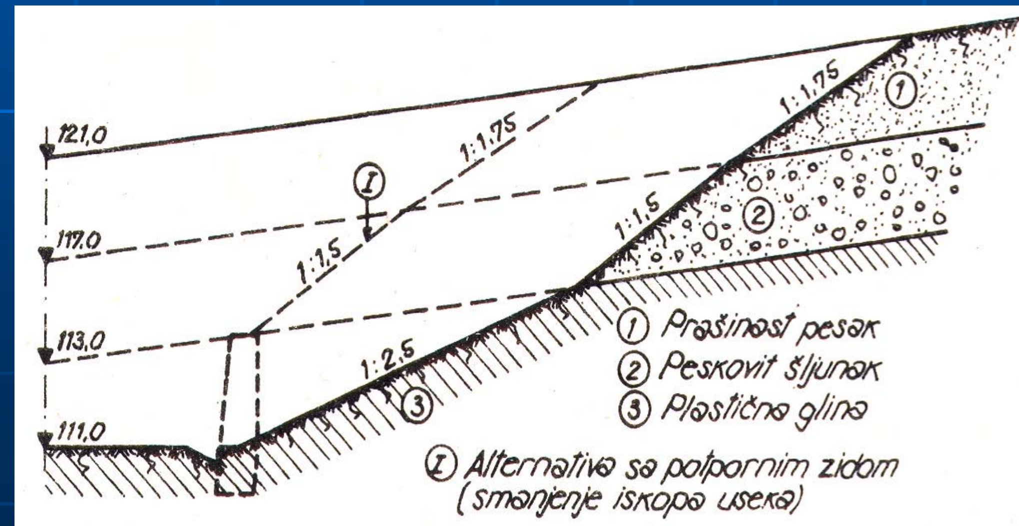




Прилагођавање нагиба косине дубини усека/висини насипа



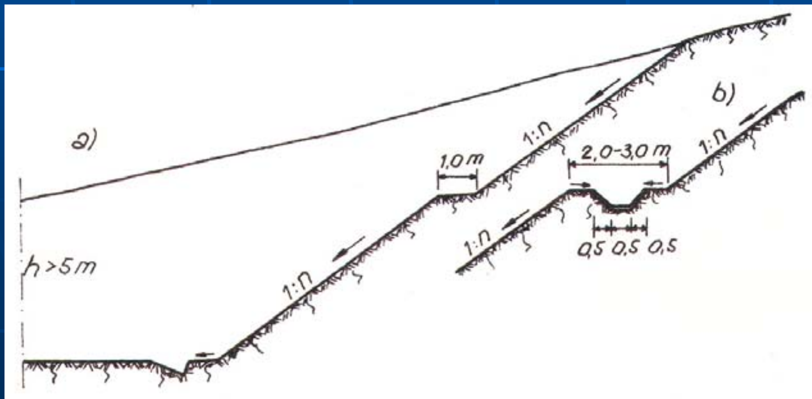


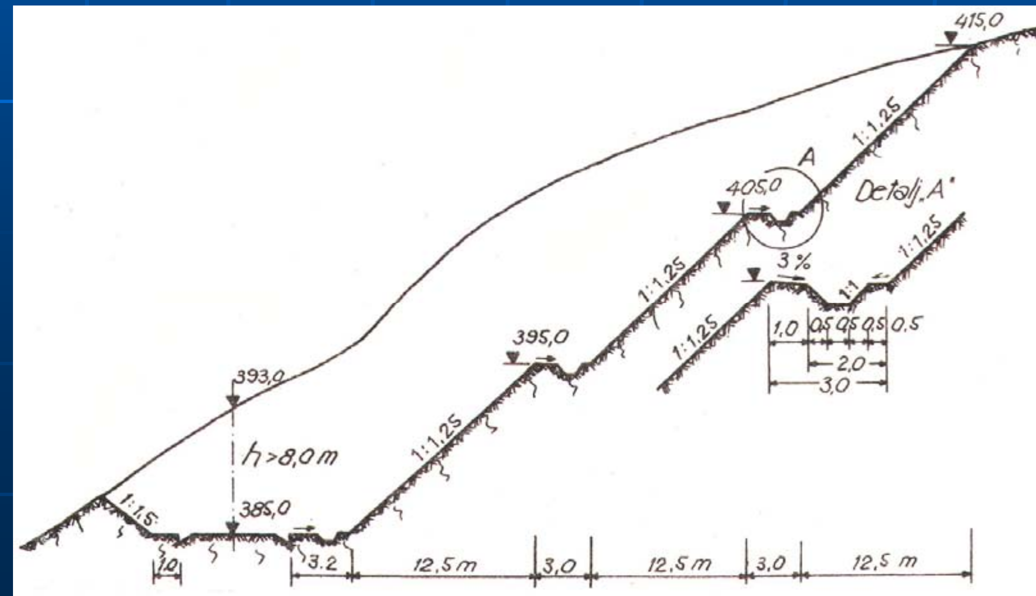


Прилагођавање нагиба косине нагибу слојева и врсти материјала

у усецима дубине преко 5 m, нарочито ако постоји опасност од ерозије и затрпавања канала, пројектовати берму ширине 1 m, чиме се и ублажава нагиб

за усеке дубље од 10 m у терену са материјалима подложним распадању или ерозији и у областима са великим падавинама, на сваких 10 m висине се пројектује берма са каналом ширине 2-3 m, за смањење отицања воде по косини и смањење опасности од ерозије



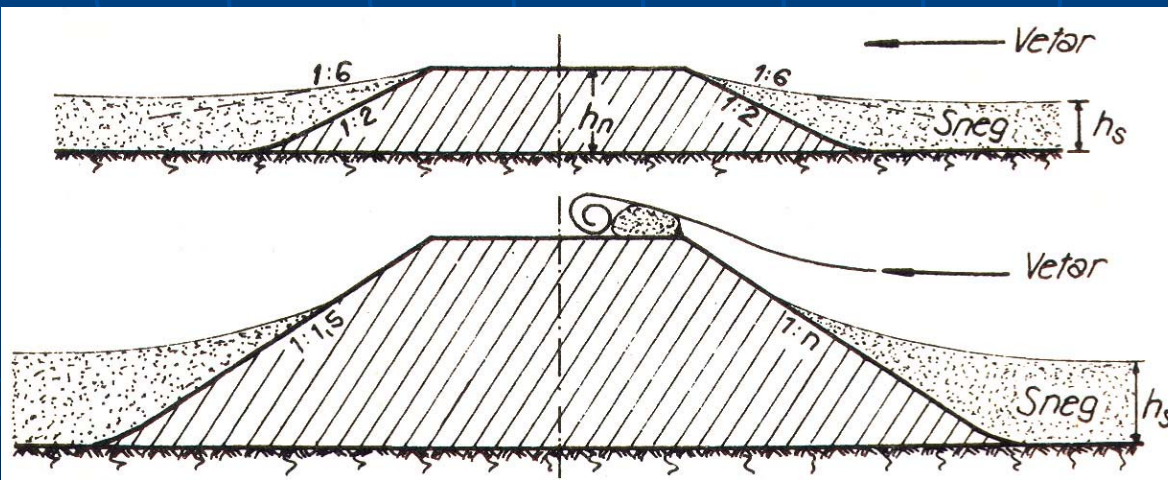


Берме у косини усека

у лесним материјалима косине се морају изградити вертикално јер се тиме спречава продор воде у осетљив материјал, а ободним каналом треба прикупити и одвести воду изван косина

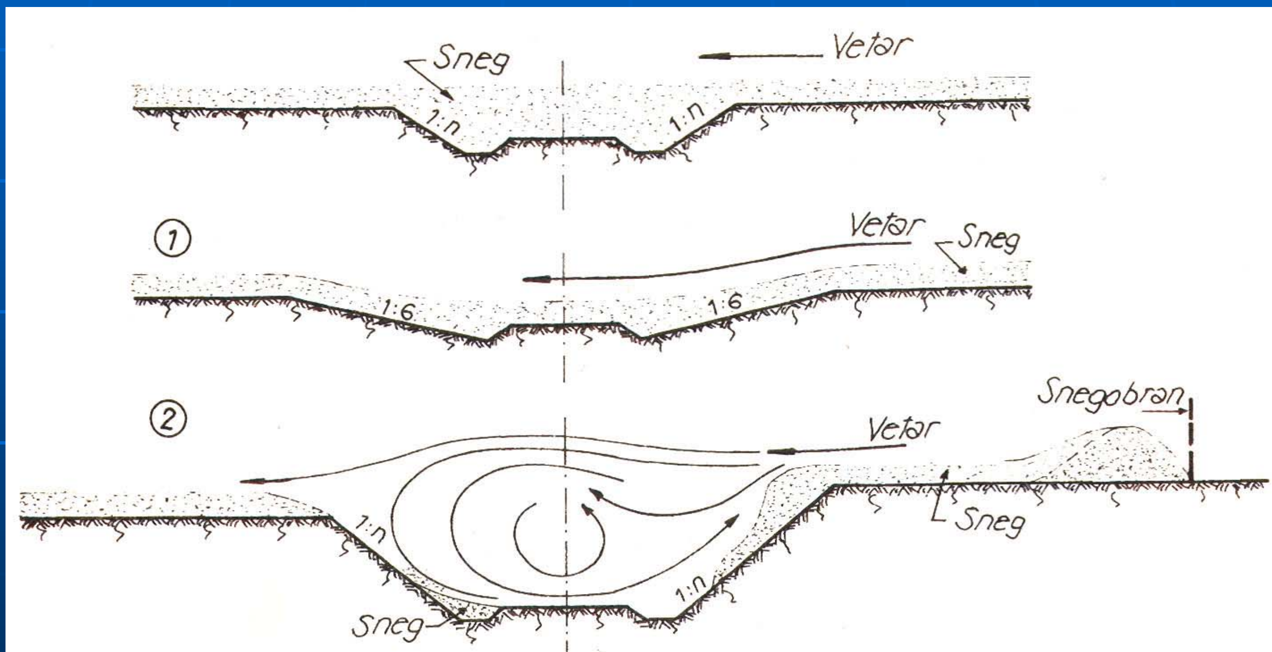
ради заштите од завејавања снегом или засипања песком косине се ублажавају ако је смер дувања ветра у односу на осу пута под углом од 45-90°

насип је незавејан док је виши од наноса и довољно благог нагиба косине (до 1:2), за стрмији нагиб или на високим насипима долази до вртложења и стварања наноса на коловозу



Спречавање завејавања у насипу

трајна заштита усека се не може постићи и треба предвидети допунско чишћење и одговарајуће заштитне мере



Спречавање завејавања у усеку







Примери косина насипа









Примери косина усека






Примери косина усека









Примери косина усека







Примери косина усека



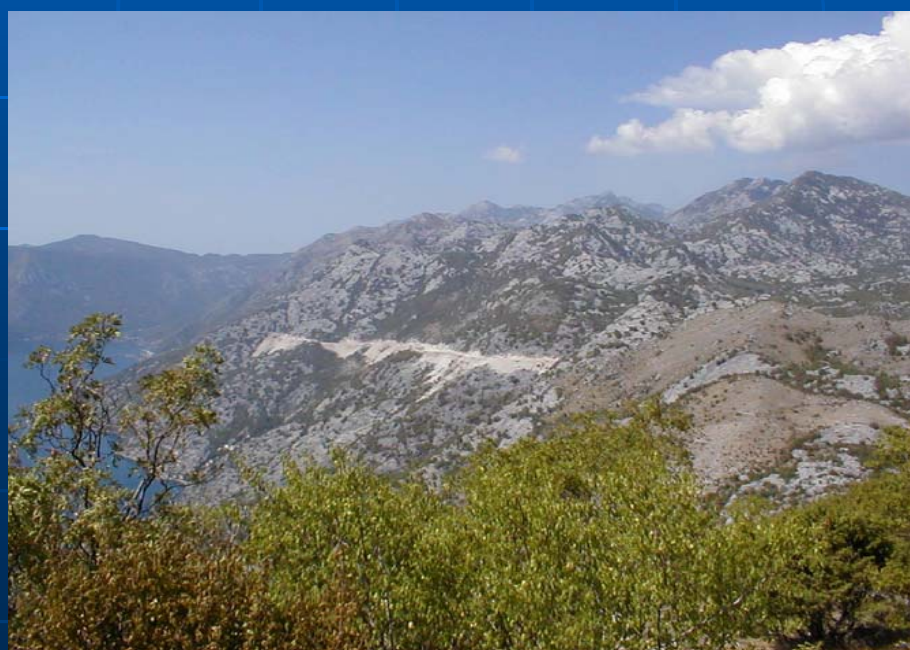



Примери косина засека









Примери косина засека

Заштитне и потпорне конструкције

- ✓ заштита од дејства воде

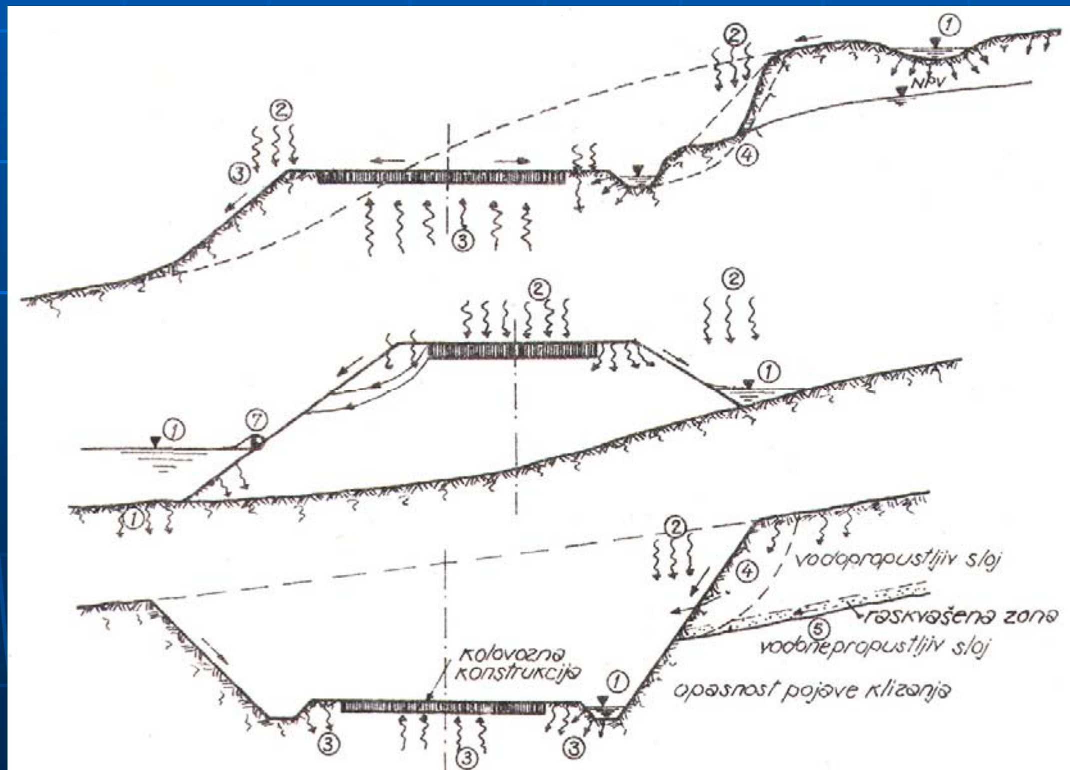
утицај у току грађења-тешкоће при ископу и уграђивању, проблеми проходности и збијања

утицај после завршене изградње-ерозија, стабилност косина и падина, носивост и трајност објеката

Штетна дејства воде:

- текућа и мирујућа вода и њене осцилације (угрожавање стабилности услед испирања и расквашавања материјала, абразивност водених таласа, режим подземних вода, смањење чврстоће и носивости материјала)

- кишне и снежне падавине (ерозија и спирање материјала са косина-бразде)
- вода у зони смрзавања (разарање планума пута, смањење носивости и појава деформација на површини услед смрзавања и одмрзавања)
- подземне воде (цепање и одваљивање косина, струјни притисци са одваљивањем)



Различита дејства воде на труп пута

мере заштите су разноврсне и зависе од начина и места појаве воде, теренских и локалних услова, намене (привремено, трајно), врсте објекта, врсте и категорије пута

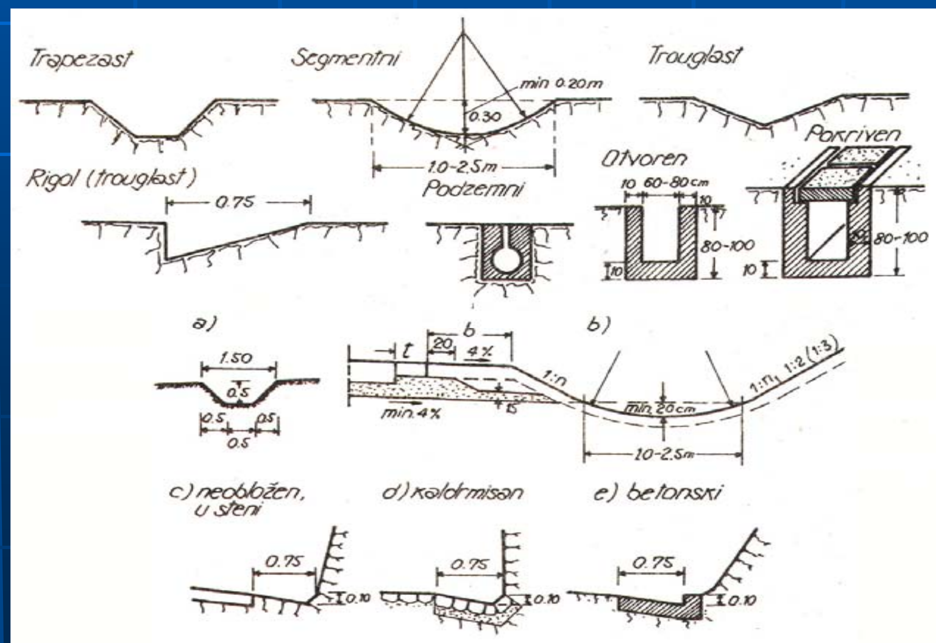
воде се најкраћим и најбржим путем одводе до места на коме више нема опасности по труп пута

Површинским одводњавањем се прихвата атмосферска вода и одводи са површине објекта или коловоза отвореним каналима различитог пресека

облик и димензије канала зависе од количине воде коју примају, врсте материјала у коме су изграђени, подужног нагиба и намене

подужни пад канала се прилагођава условима одводњавања (таложење и ерозија)

- за подужне падове мање од 0,2 % и веће од 4 %, ако су изграђени у растреситом материјалу, треба обложити дно и косине бетонским плочама, каменом, цементним малтером или бетоном, да би се омогућило отицање и спречила ерозија
- за падове 2-4 % довољно је затрављивање за трапезне и сегментне канале, за падове 3-7 % бетонска облога, а за веће нагибе облагање каменом калдрмом уз прављење каскада



Типови канала за површинско одводњавање

- често се примењују и монтажни елементи за облагање
- у стеновитим материјалима-троугласти риголи, а ређе сегментни и трапезни канали
- у трошним стенама треба обложити канале каменом или бетоном
- заштитни ободни канали се пројектују за прихватање и одвођење воде са терена и спречавање продирања у насип и тло под насипом (увек са више-горње стране насипа) и за заштиту косина усека од ерозије и испирања водом која се слива низ косине
- на високим насипима, паралелено са коловозом, ради се ригол за скупљање воде, која се на правилним размацима пушта отвореним, обложеним каналима низ косину (често се примењује и канализациони систем код аутопутева)

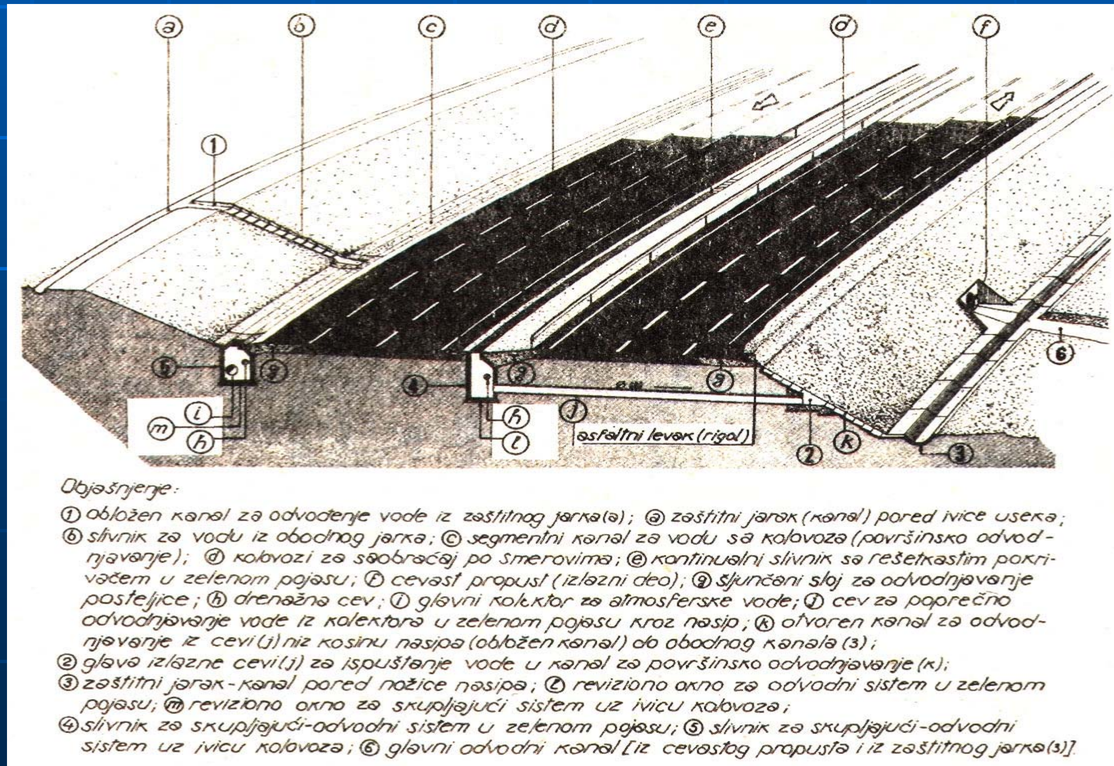
a) Nasip

Zemlja iz kanala
Obodni zaštitni kanal
1:1.5
Jspust
Odvodni jarak
3%
min. 1.0 m

b) Usek

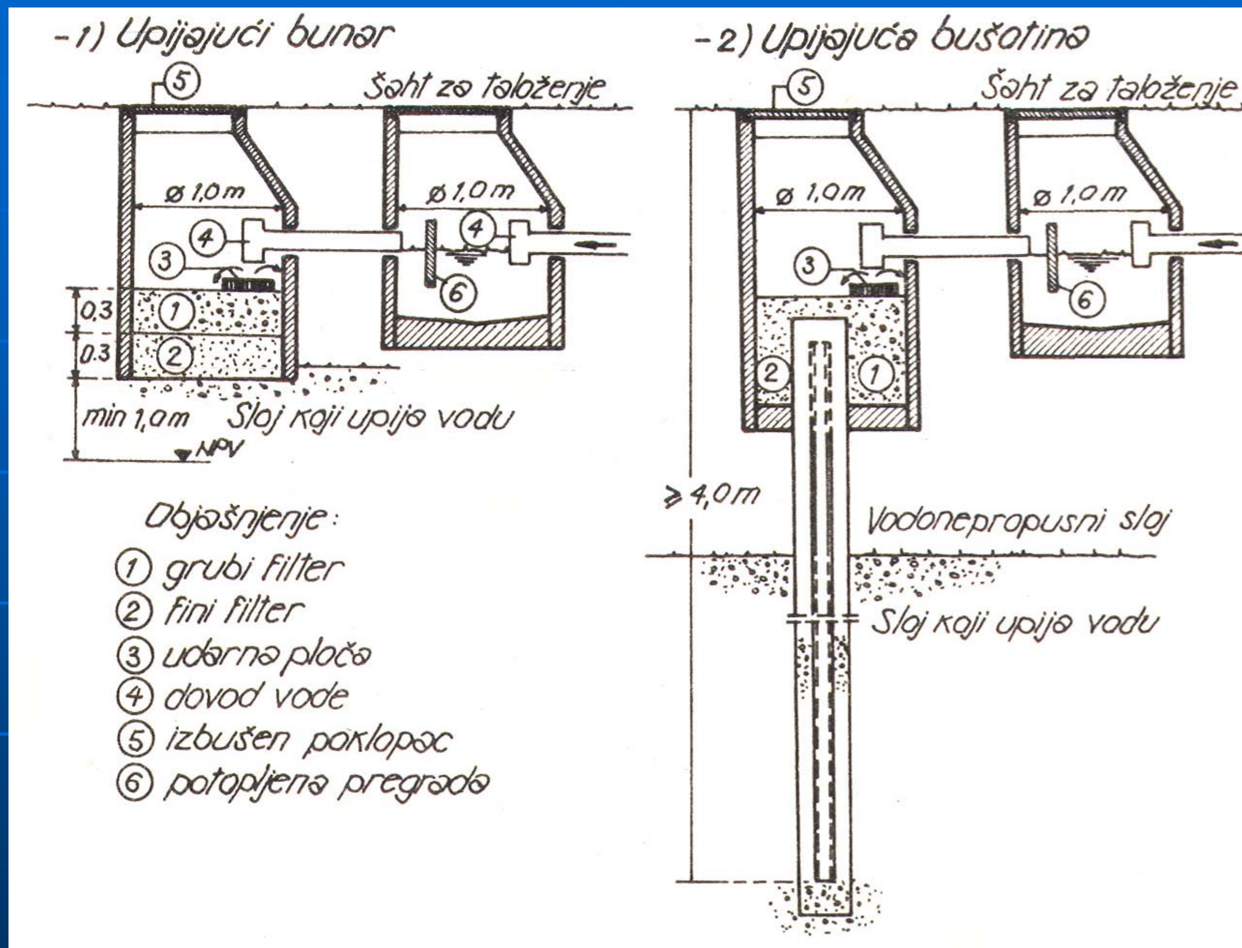
Jskopana zemlja iz kanala
Obodni zaštitni kanal
1:1
min. 3-5 m
* Nabijena masna glina ili ilovača (0.15 m), a po potrebi i kaldrma u cementnom malteru protiv infiltracije vode

Типови заштитних ободних канала



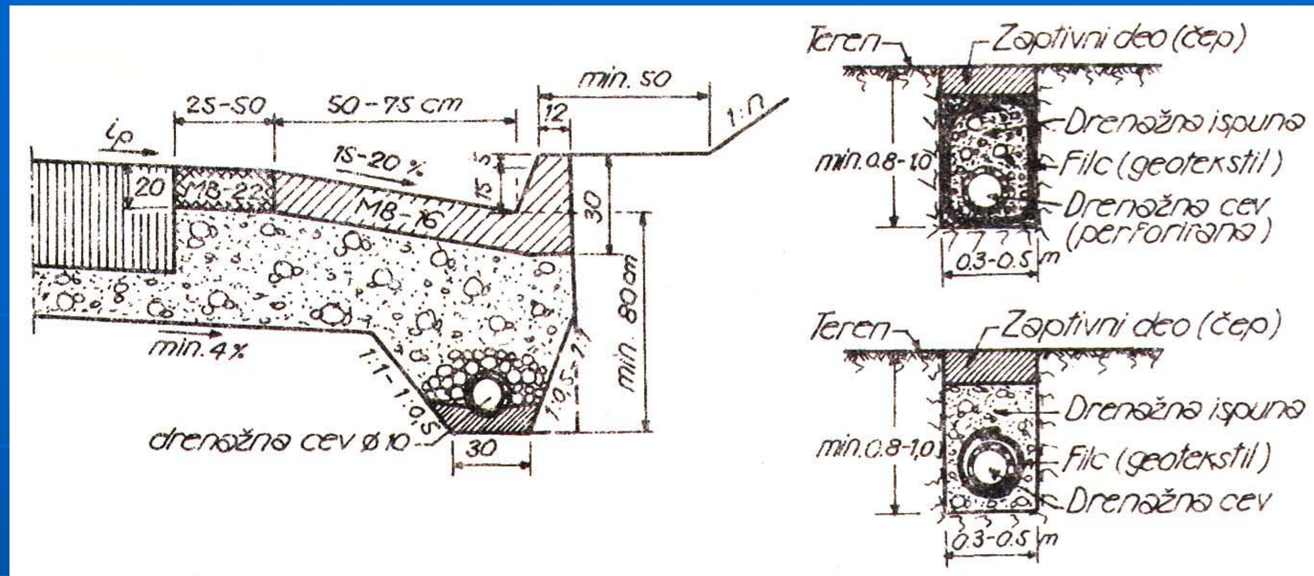
Систем за одводњавање код аутопута

- вода из канала се најкраћим путем одводи до водотока или на безбедно растојање од објекта
- упијајући/скупљајући бунари се користе за одвођење у порозне слојеве испод површине терена где није могуће одвођење у оближњи водоток, али мора постојати порозан, моћан слој, велике водопропусности у терену који се не користи за водоснабдевање
- пре упуштања у терен вода се мора пропустити кроз таложник и филтере
- упијајући ровови су исти као бунари, али морају бити повезани са једним шахтом за таложење; дужина рова је већа од 10 m, са контролним окном на крају
- упијајућа бушотина одводи воду после филтрирања на већу дубину помоћу перфориране цеви, са обавезним окном за таложење



Вертикални пресек упијајућег бунара и упијајуће бушотине

- Подземно одводњавање се обавља ради одвођења воде из трупа саобраћајнице (постељица или тампонски слој), снижавања нивоа подземне воде, прихватања подземне воде из водоносног слоја са стране, побољшања стабилности објекта и терена
- дренажни шлицеви или плитке дренаже служе за одводњавање постељице и тампонског слоја, а најчешће се раде испод дна јарка или ригола у усеку и испод зеленог појаса код аутопутева
- различите конструкције (са или без перфориране дренажне цеви, са дренажном испуном и филтером од песковито-шљунковитог материјала, уз поштовање филтерских правила, или од геотекстила)
- дренажна цев се ради од керамике, бетона или пластике, пречника 10, 15 или 20 cm

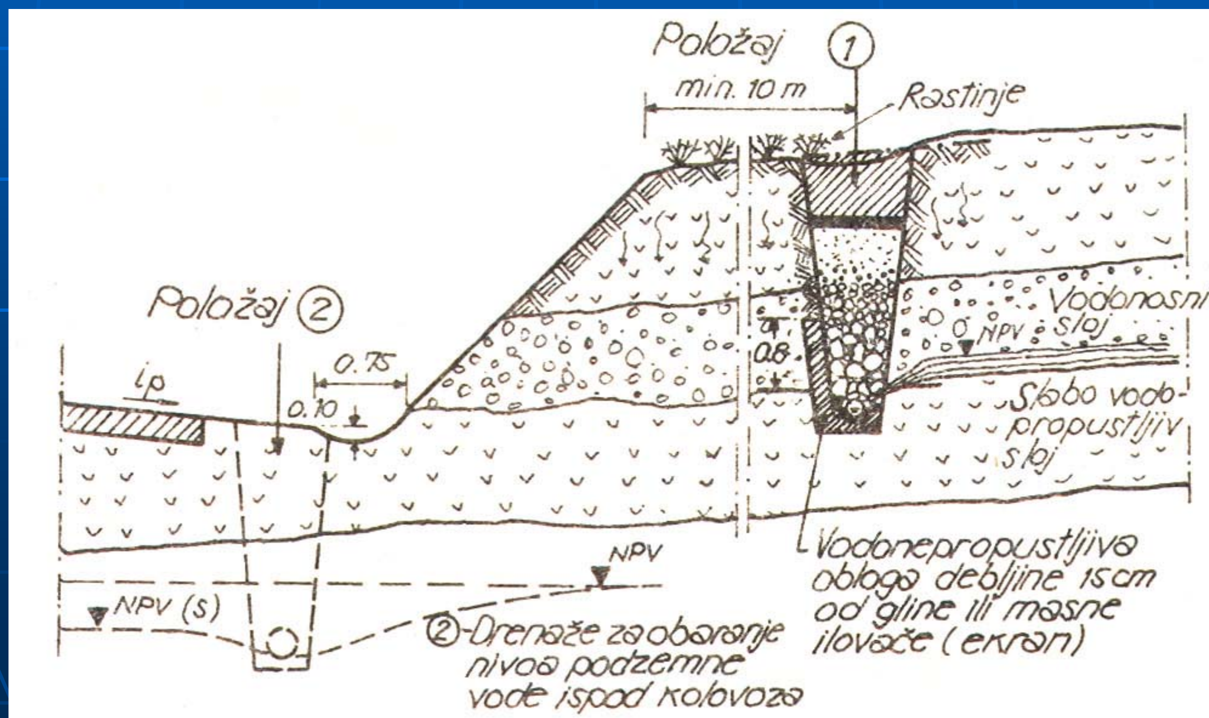


Типови плитких дренажа

- дубоке дренаже служе за спуштање нивоа подземне воде ако постоји опасност од прикупљања у зони смрзавања или због високих подземних вода
- дубоке дренаже се постављају са обе стране пута, испод одводних канала или у слободним површинама
- дубина, углавном до 4 m, приближно одређује и ниво подземне воде

прихватање воде из водоносног слоја и обезбеђење дренажама је потребно ако се изградњом усека пресече водоносни слој или се допре у његову непосредну близину па постоји опасност од рушења косине или нагомилавања воде у зони смрзавања

користе се подужне, косе и попречне дренаже и дренажни системи



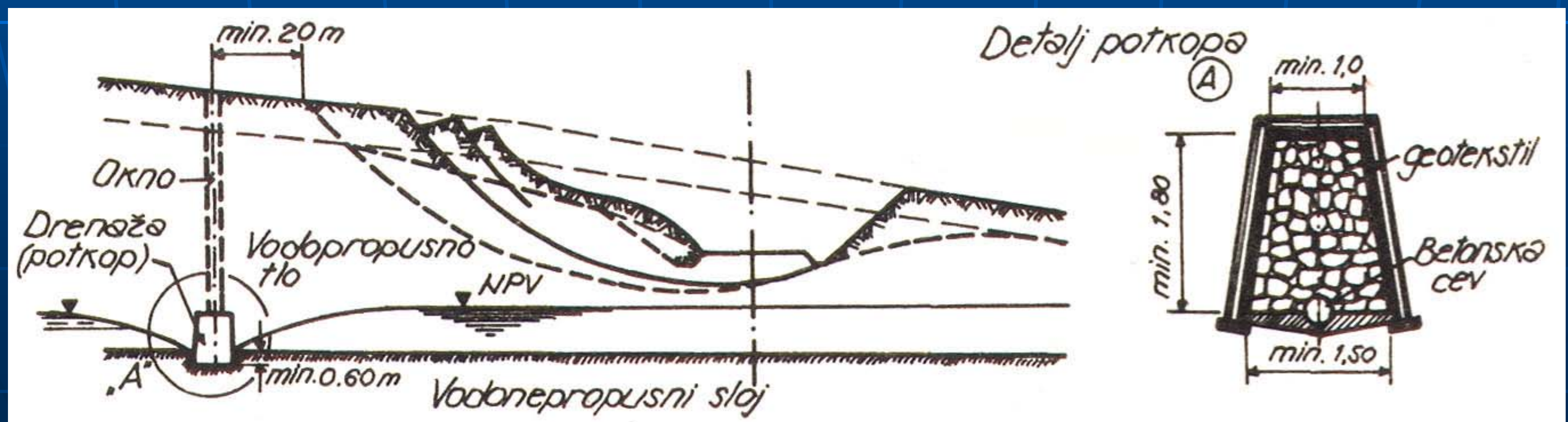
Прихватање воде из водоносног слоја

- дренажни системи се користе за санирање клизишта
- значајна је улога и код одвођења воде иза стубова мостова, потпорних и обложних зидова, галерија и других објеката
- исправност дренажа се мора редовно контролисати (ревизија и прегледи испуста, ревизионих шахтова и других елементата)
- дренаже могу бити подужне и попречне у односу на осу коловоза, појединачне или у систему према начину функционисања, отворене и затворене и на различитим дубинама
- минимална дубина дна дренаже мора бити већа од максималне дубине продора мраза у тло (0,8 m) и најмање 60 cm испод клизне површине или водоносног слоја
- филтери у дренажама се морају пројектовати са задовољењем филтерских правила

дренажни поткопи се раде у виду подземних поткопа, испуњених каменим материјалом, и служе за прикупљање воде из околног тла и одвођење у водоток или изван угроженог места

обично се постављају на контакту водопропусног и водонепропусног слоја (снижење нивоа подземне воде, сушење, усмеравање струјног притиска, санирање клизишта)

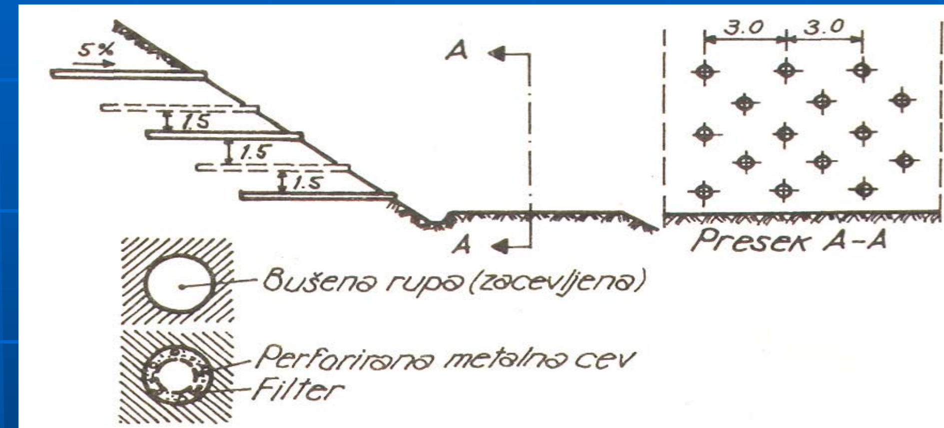
паралелни са осом пута, на дубини од најмање 0,6 m у водонепропусном слоју, а за веће дубине се ради и вертикално окно



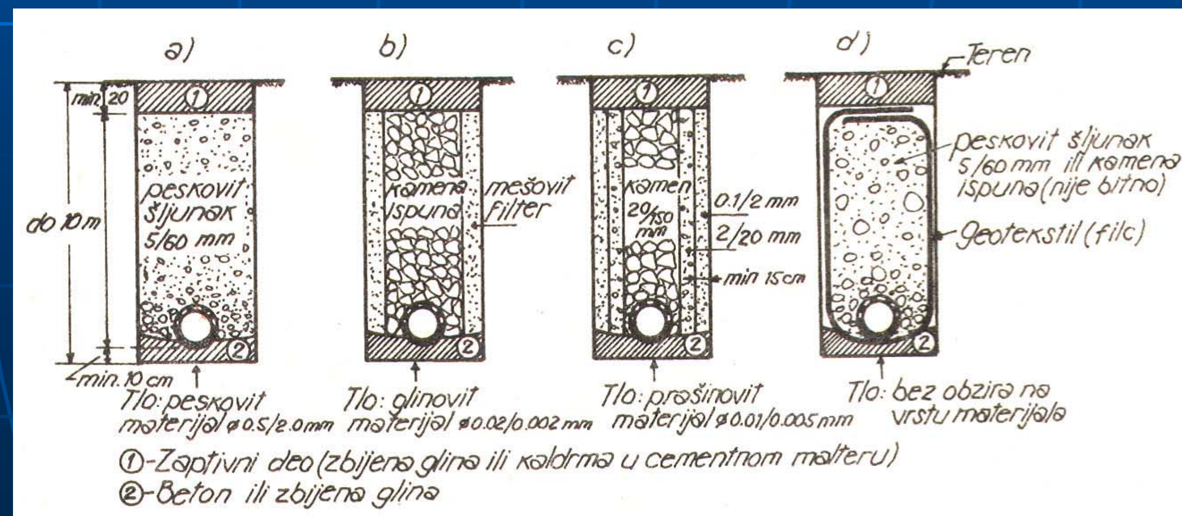
Дренирање терена дренажним поткопом

хоризонталне бушене дренаже се примењују за побољшање стабилности косина усека и насипа

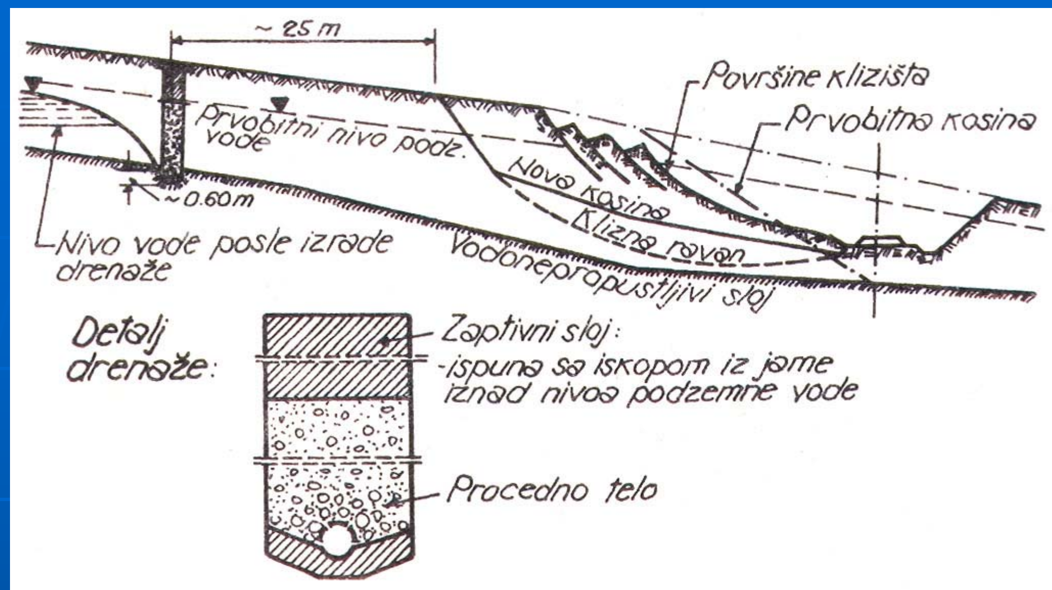
рупе имају одговарајући подужни пад (>3 %) и садрже перфориране цеви (поцинковане, полиетиленске, полиестерске) са филтерском мрежом



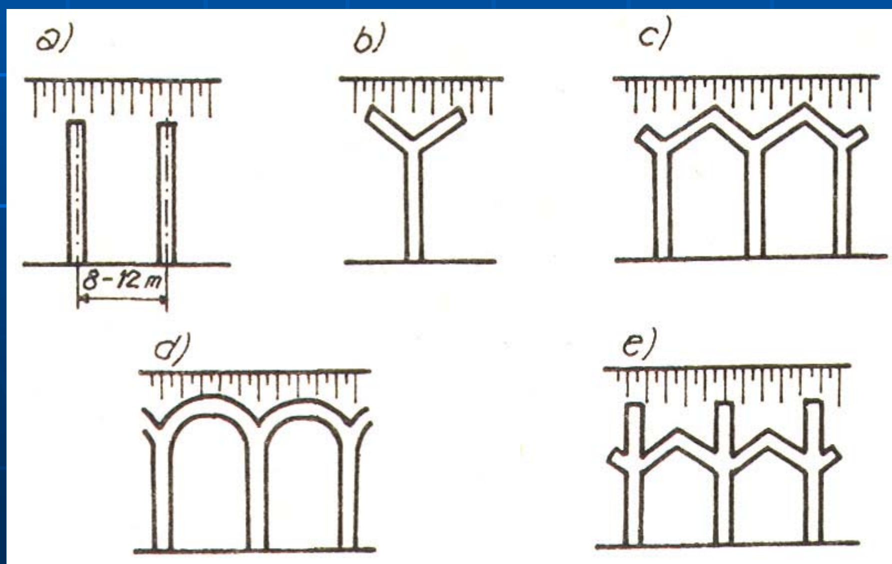
Дренирање терена хоризонталним бушеним дренажама



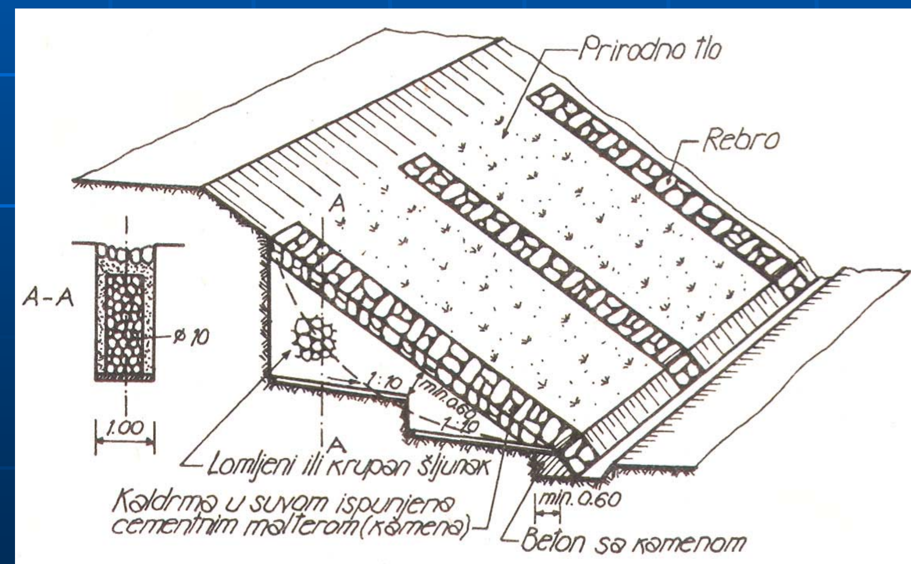
Типови вертикалних дренажа за разне врсте тла



Санирање клизишта вертикалном дренажом



Различити облици дренаже или ребара управних на осу пута



Пресек и изглед дренажних ребара на косини

- ✓ заштита косина од утицаја воде, климе и спољашњих чинилаца

Биолошка заштита (одговарајућим растињем косине се учвршћују и озелењавају, у релативно кратком времену и уз мање трошкове)

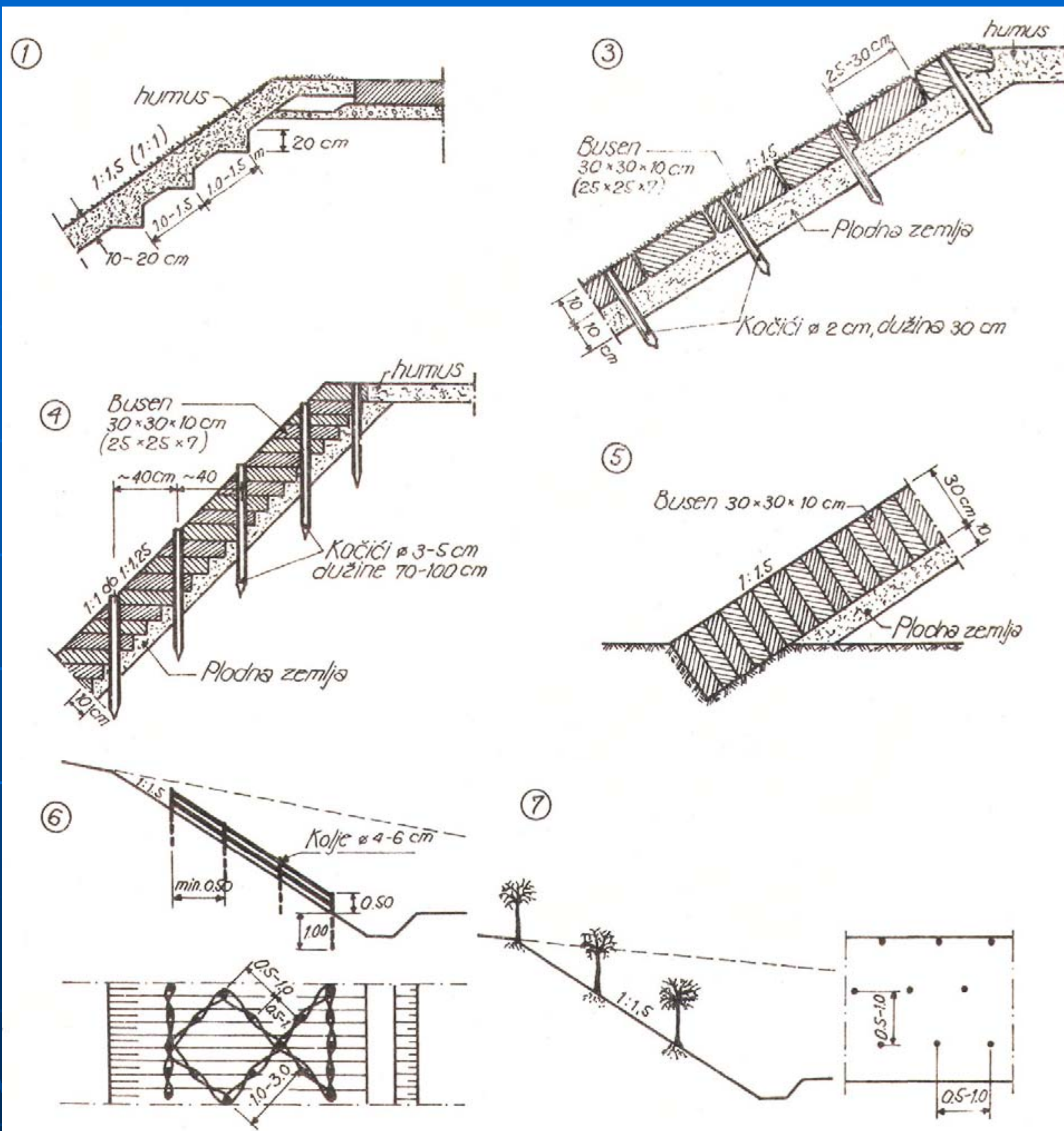
- хумузирање косина-наношење хумуса на косину, квашење, посипање ђубривом и сејање траве; дебљина слоја је 10-15 cm за глине и прачине, а 15-20 cm за пескове и шљункове; максимални нагиб косине 1:1,5; док се трава не ухвати треба штитити слој поплетом, мрежом од пластике, сламом прсканом битуменом или специјалним средствима

- хидросејање-прскање суспензије (високополимерна емулзија, силицијумски колоиди, детелинско-травната мешавина, ђубриво, целулоза и вода) на стрме косине, специјалним уређајем

- облагање бусеном-примењује се за брже и јаче утврђивање косине; комади бусена различитих димензија, дебљине 10-15 cm; полагање по различитим шемама; нагиби 1:1,5 до 1:1 (изузетно 2:1)

- заштита поплетом (живим или инертним) се ради на косинама које није могуће стабилизовати само хумузирањем или бусеновањем; користи се коље и пруће врбе, тополе или другог дрвећа које брзо пушта корен

- засађивање-ради се само у усецима и на падинама склоним клизању или обурвавању, а најчешће се користе врбе, багрем, јова, бреза и сл; младице дужине 40-70 cm



Поступци биолошке заштите косина

Механичка заштита се примењује у случајевима када није могуће биолошки заштитити косину услед великих падавина, водених токова, састава тла, мирујуће воде, леда

- камена облога се ради као лака (дебљина 0,25-0,3 m) или јака (0,4-0,6 m), а полаже се преко подлоге од шљунка, камене ситнежи или туцаника дебљине 10-30 cm или на цементни малтер дебљине 3-5 cm и подлогу; полагање у суво или са заливањем спојница цементним малтером ако треба спречити продор воде; укупна дебљина облоге и подлоге треба да је већа од дубине смрзавања; ножица косине се ради као камени набачај, камена наслага, зид у суво или у цементном малтеру, од бетона или фашина

a
25-30 cm
min. 10 cm
Šljunkovit materijal
Šljunak ili kamena sitnež

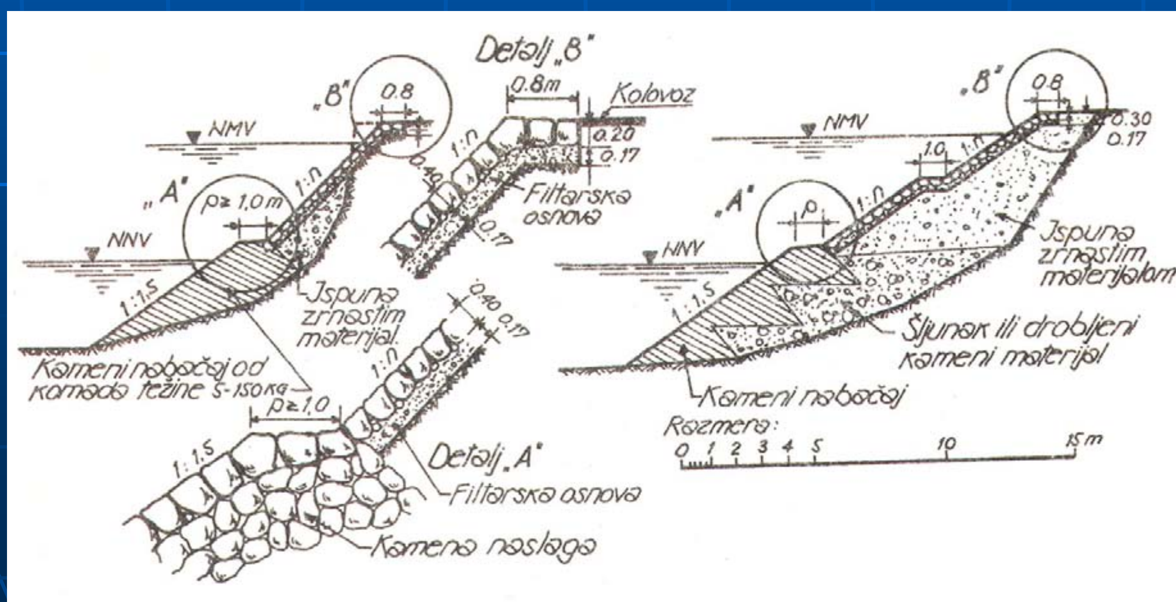
b
25-30 cm
17 cm
Koherentni materijal
Šljunkovito-peskoviti materijal 0.5/60 mm

c
25-30 cm
10 cm
10 cm
Grubozrni pesak 0.5/50 mm
Finozrni pesak 0.5/5 mm
Peskovito-prašinovit materijal

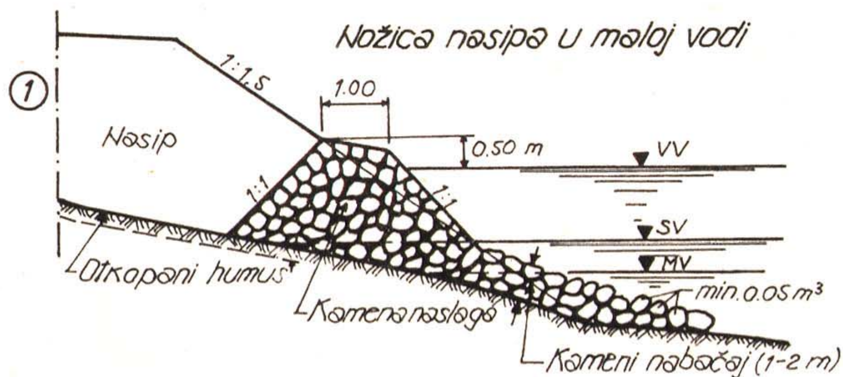
d
40-60 cm
Dvojna obloga
Šljunak ili kamena sitnež

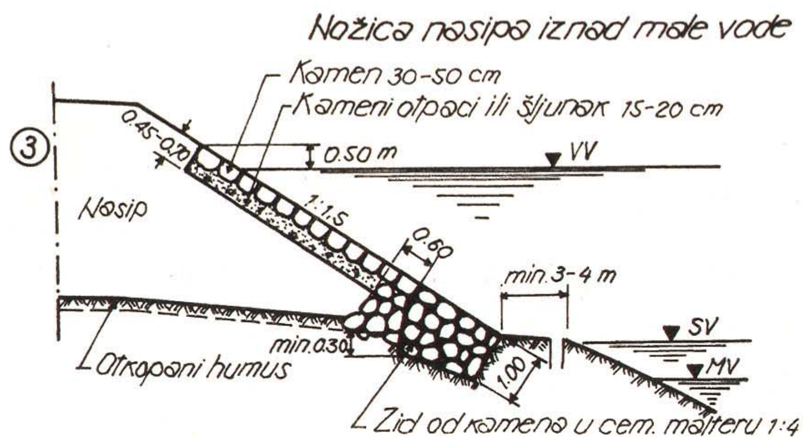
e
25-30
10 cm
Geotekstil

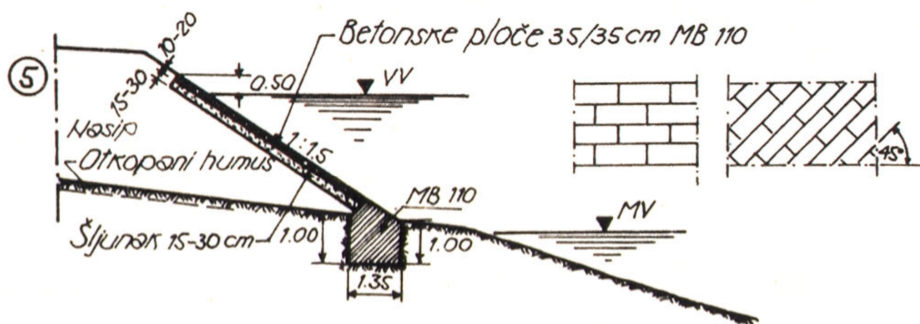
Врсте камене облоге за различите материјале и намене

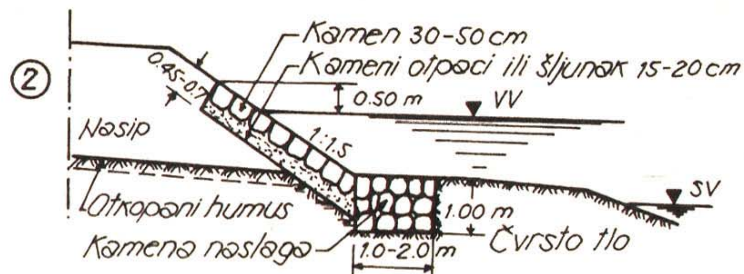


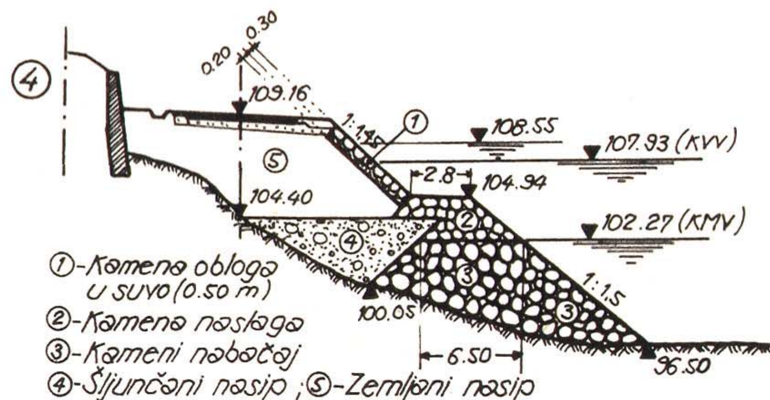
Принципи израде облоге и обраде ножице косине

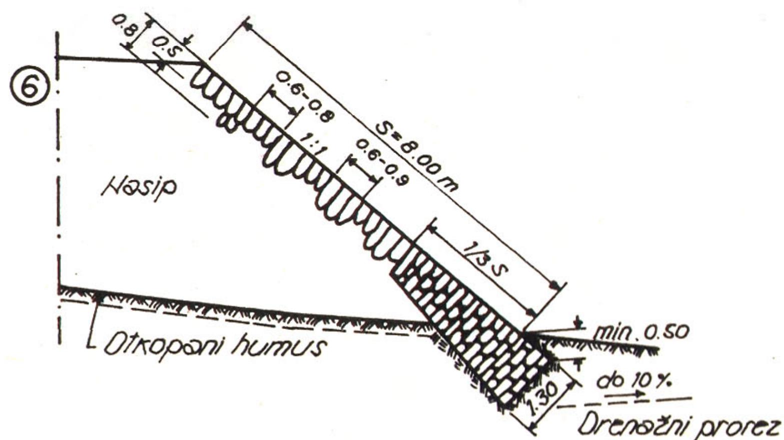








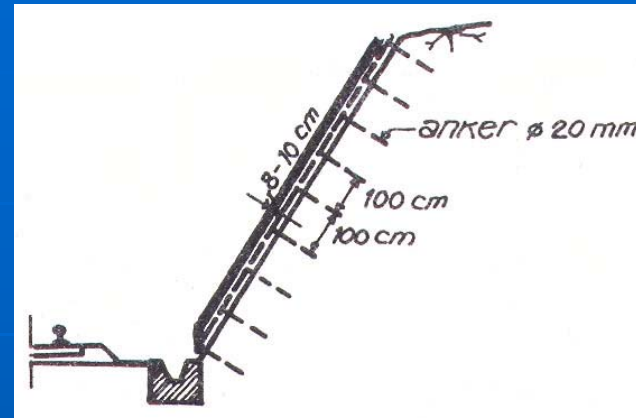




Механичка заштита насипа од водотока

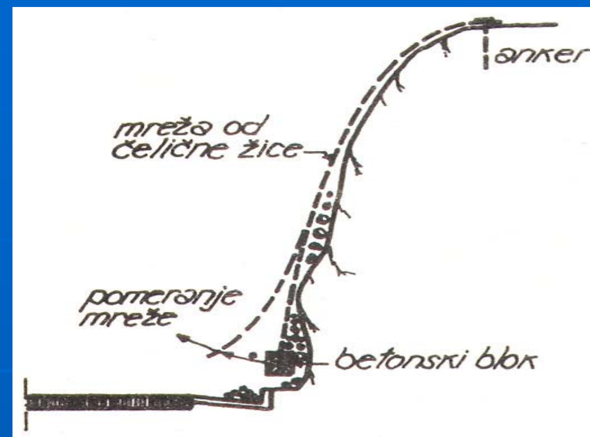
- бетонски блокови или плоче на слоју песка дебљине 15-30 cm; елементи се раде на градилишту или су префабриковани, различитих облика; спојнице у узастопним редовима се не смеју поклапати, а ширина спојнице треба да се сведе на најмању могућу меру (2-3 mm или 10-15 mm); облога се ослања на ножицу од бетона и полаже у паралелним редовима или дијагонално
- прскани бетон преко челичне мреже анкероване у стену се користи у врло распаднутим и испуцалим стенама, уз претходно чишћење косине; мрежа је од жице пречника 4 mm и веже се анкерима за стену, а прскани бетон се наноси у слоју 2-10 cm; када су стене само испуцале ради се само цементни малтер дебљине око 20 mm

Заштита прсканим бетоном

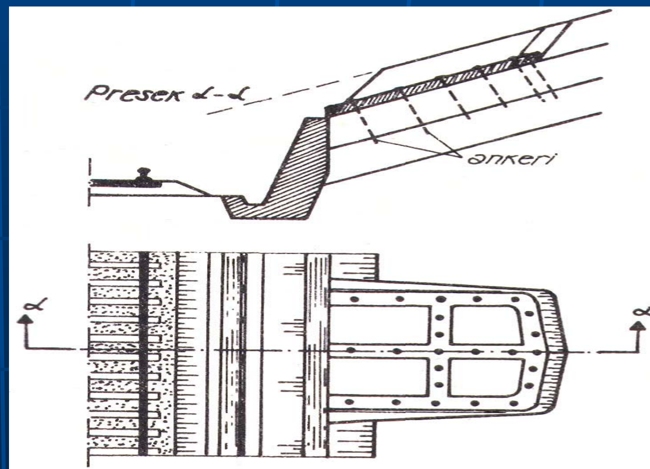


- у распаднутим стенама се може користити комбинација челичне мреже и вегетативних мера (шибље и затрављивање)
- мрежа учвршћена у стену се користи за дубоке усеке са стрмим и високим косинама у испуцалој или лоше минираној стени; иза мреже је могуће одроњавање и испадање комада стене; жица је челична поцинкована дебљине 1,4-4 mm или од полиестерских влакана и везана за стену анкерима; на дну је слободна са обешеним бетонским теговима или затегнута сајлом

Заштита челичним мрежама



- сидрење је поступак причвршћивања лабавих делова стенске масе за стабилну стенску масу (сидра са клином и расцепком, сидра са експанзионом чауром, перфо-сидра, униварзална сидра)
- армирано бетонске греде или роштиљи са анкерима за боље повезивање лабилне масе



Учвршћење косине бетонским роштиљем са анкерима

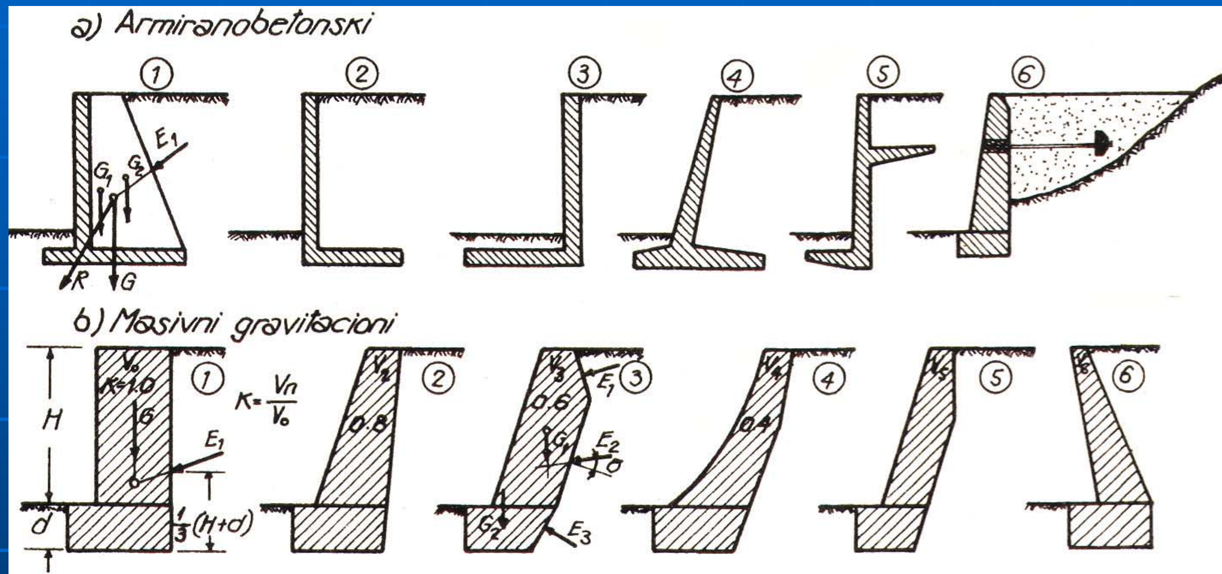
- потпорни зидови

грађевине које служе за подупирање косине насипа, усека или засека ради обезбеђења стабилности и, често, смањење количине земљаних радова

- масивни гравитациони зидови (бетон, камен, габиони, монтажни елементи, армирано тло...)-преузимање притиска тла са усмеравањем резултанте (притисци и тежина зида) кроз основу темеља на тло; основни облици су правоугаоник и трапез; недостатак је што стварају велике притиске на тло

- армирано-бетонски зидови-у принципу су гравитациони, али се део испуне или насутог материјала иза зида користи за што повољније усмеравање резултанте; примена “стабилизирајућих елемената”

- бетонски зидови са затегама-смањена тежина зида услед коришћења затега које преузимају хоризонталну силу притиска тла; зетеге су од челика или армираног бетона



Пресеци армираних и неармираних потпорних зидова

облик, врста и димензије зида се одређују зависно од намене, локалних услова, величине и врсте сила које делују на зид, висине зида, материјала за грађење и примењене технологије

стабилност зида се одређује статичким прорачуном (претурање, клизање, притисак на тло, глобални лом тла)

a) Prevrtanje

$n = \frac{G \cdot g}{E \cdot e}$

treba da je:
$n = 2.0$

b) Klizanje

$n = \frac{N \, tg \varphi}{T}$

treba da je:
$n = 1,5$
T = sila trenja

c) Pritisak na tlo

$\sigma_{1,2} = \frac{N}{b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b}\right)$

$e \leq \frac{b}{6}$

Slom tla

d)

$n = \frac{c \cdot L \cdot r}{G \cdot g + G_1 \cdot g_1}$

treba:
$n = 1,3$

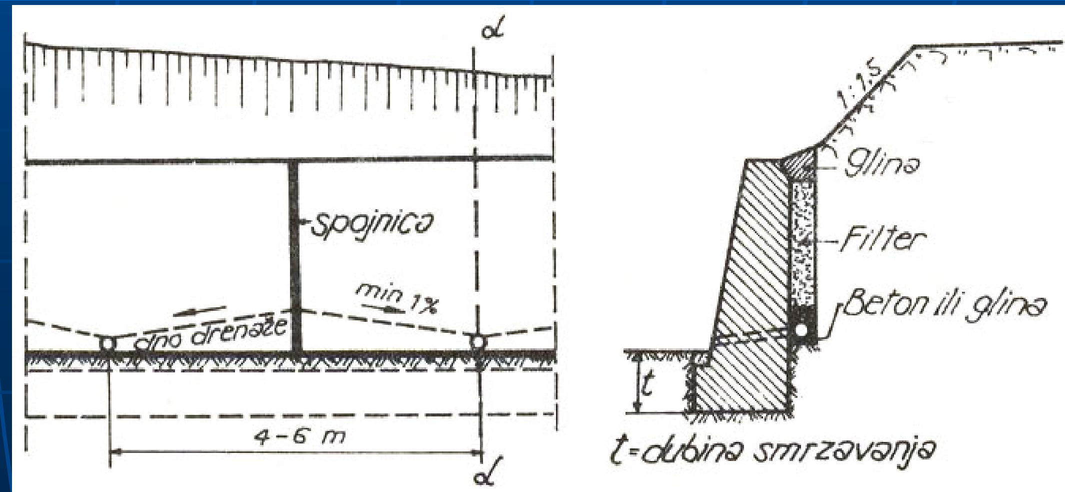
e)

$n = \frac{E_p + c \cdot L + T_1}{E_a}$

treba:
$n = 1,5$

Критеријуми за проверу стабилности потпорних зидова

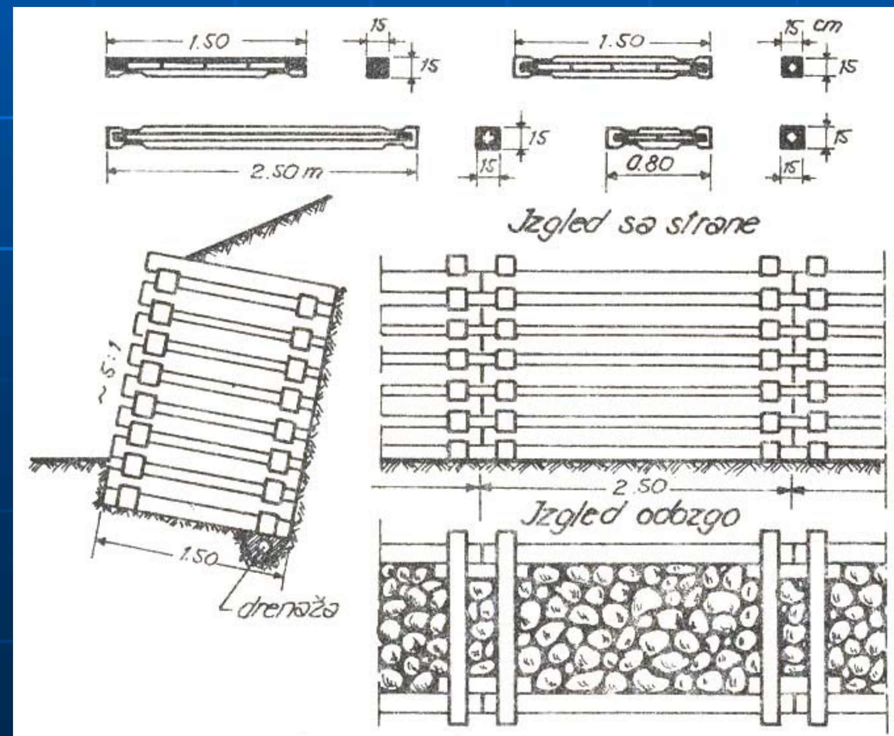
- попречни и подужни пресек зида, зависно од конфигурације терена и положаја зида, могу бити константни или променљиви
- грађење може бити у целини или у наизменичним кампадама (2-6 m)
- потребно је обезбедити ефикасно одводњавање и дренирање тла или испуне иза зида, нарочито за бетонске и армирано-бетонске зидове (дренаже и барбакане)
- зидови од габиона и армираног тла и монтажни зидови су водопропусни



Одводњавање тла из потпорног зида

- монтажни зидови се раде од челичних или армирано-бетонских префабрикованих елемената (гредица) које се системом ужљебљења повезују у сандучаст скелет и испуњавају каменом, песком или шљунком

брзо и једноставно грађење, уједначен квалитет, мања цена од масивних зидова, могу поднети знатне деформације (могу и на слабије носивом тлу), нема посебних темеља



Монтажни зид од армирано-бетонских елемената

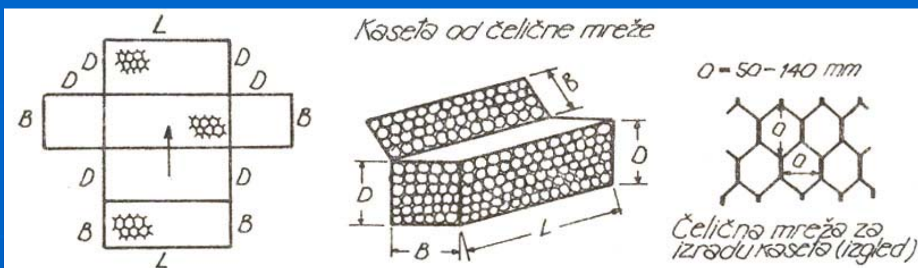
- зидови од габиона се раде од жичаних сандука, различите величине, испуњених крупним каменом (слагање да се постигне већа густина)-блокови од ломљеног камена

мрежа је од поцинковане жице

најчешће се раде за смањење нагиба високих косина, подупирање нестабилних или јако влажних косина, за стабилизовање осулина, спречавање падања камења на пут, брзе интервенције

велика флексибилност, прилагођавање деформацијама терена, велика водопропусност, једноставно грађење, непосредно прихватање притисака по грађењу

приближно вертикално лице и степенаста задња страна или обрнуто



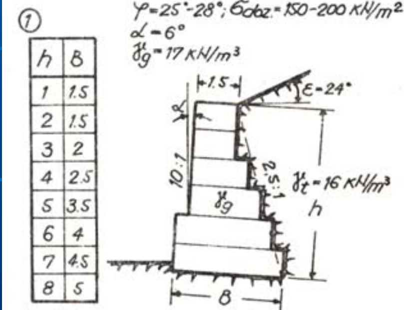
Dimenzije i težine gabiona

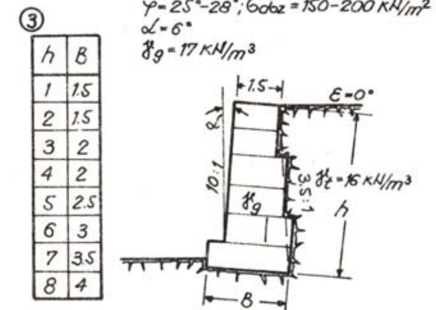
Mere (m)			V	Okna u cm i Φ žice u mm						Žice
				4 × 6		6 × 8		10 × 12		
L	B	D	m^3	1,8	2,2	2,2	2,7	2,7	3,4	kp/m^3
2,0	1,0	0,5	1,0	10,2	15,0	9,0	14,0	10,0	14,8	9—15
3,0	1,0	0,5	1,5	14,4	20,0	12,5	19,0	13,5	20,7	8,5—14
4,0	1,0	0,5	2,0	19,3	27,7	16,0	25,0	17,0	26,5	8—14
2,0	1,0	1,0	2,0	14,4	20,0	12,5	19,0	13,5	20,7	6—10
3,0	1,0	1,0	3,0	20,0	29,7	17,5	26,5	18,5	28,2	6—10
4,0	1,0	1,0	4,0	25,5	37,9	23,0	34,0	24,0	36,0	6—10

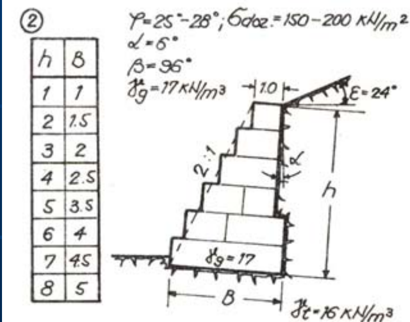
Изглед касете и мреже за израду зида од габиона

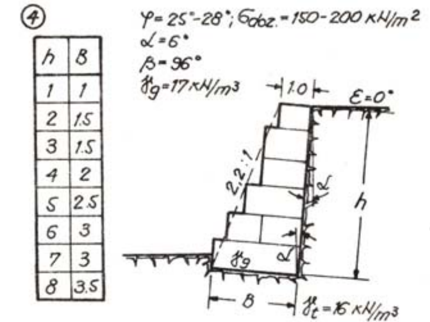
Teren iznad zida u nagibu (ε = 18–24°)

Teren iznad zida horizontalan (ε = 0°)









Облици зида од габиона

- зидови од армираног тла се састоје од добро збијене испуне армиране челичним или пластичним тракама или пластичним мрежама и облоге са предње стране за обезбеђење површинске стабилности у односу на ерозију

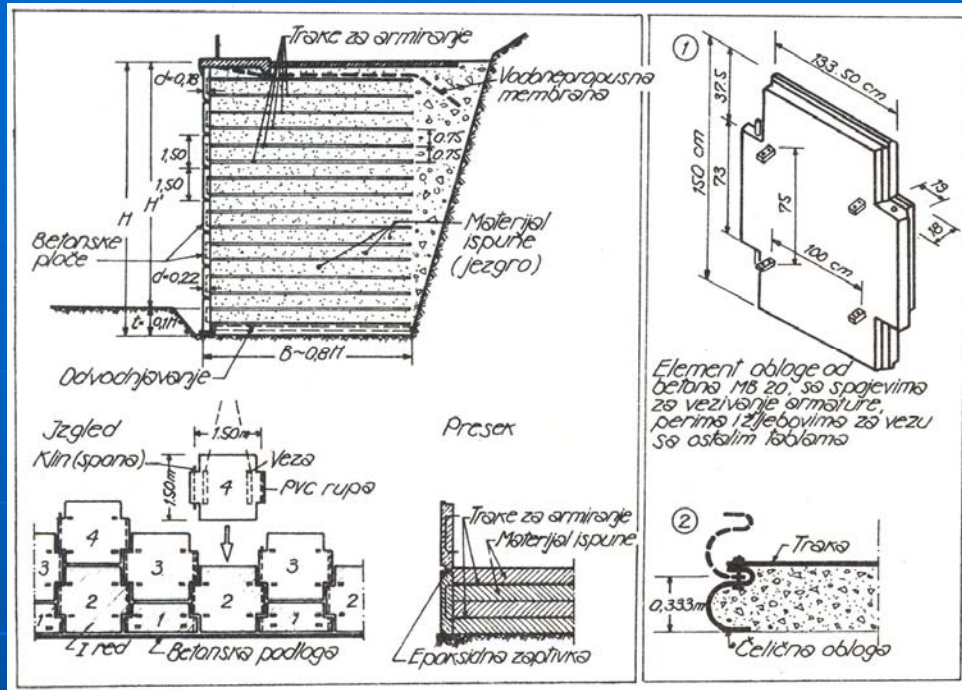
стабилност се заснива на трењу између зрна испуне и арматуре

испуна се ради од некохерентних или мало кохерентних материјала, уједначеног гранулометријског састава и квалитета, неосетљивог на мраз и атмосферилије, без органских састојака

облога може бити лака (челични елементи) или масивна (бетонски елементи)

флексибилност, једноставност грађења и мало коштање

спољашња и унутрашња (кидање и извлачење арматуре) стабилност

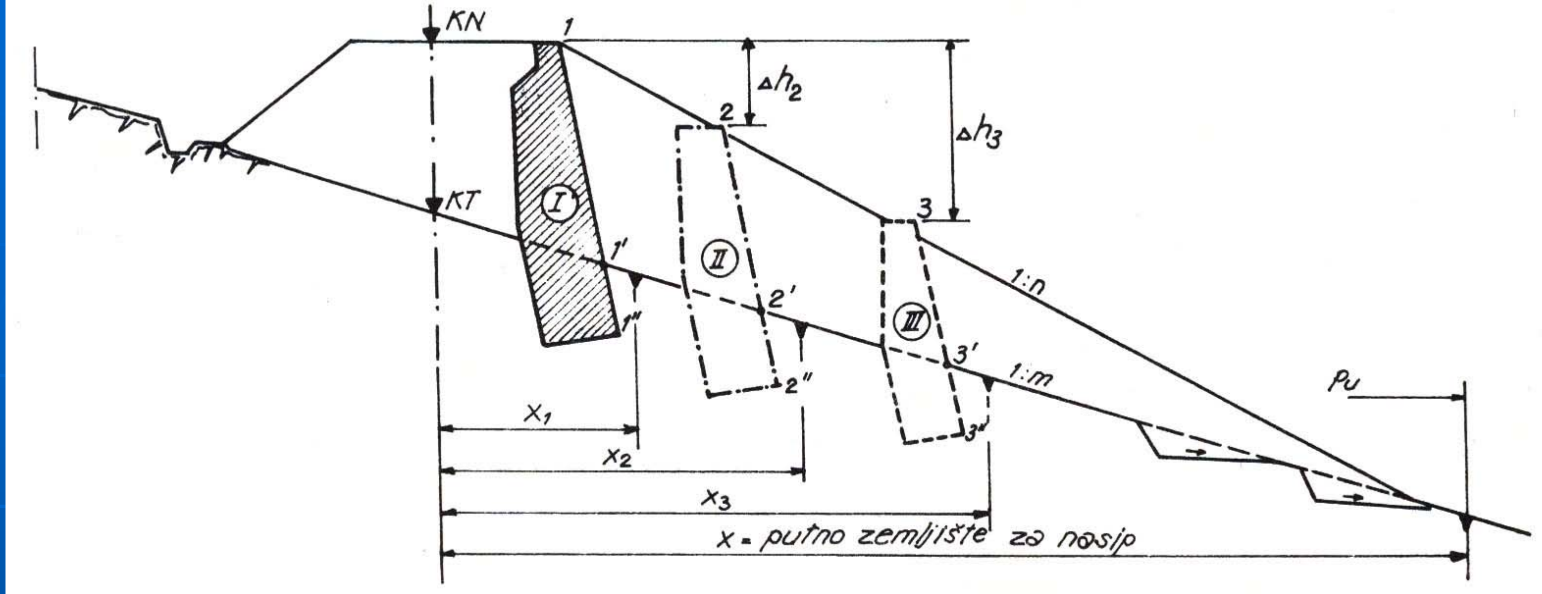


Потпорна конструкција од армираног тла

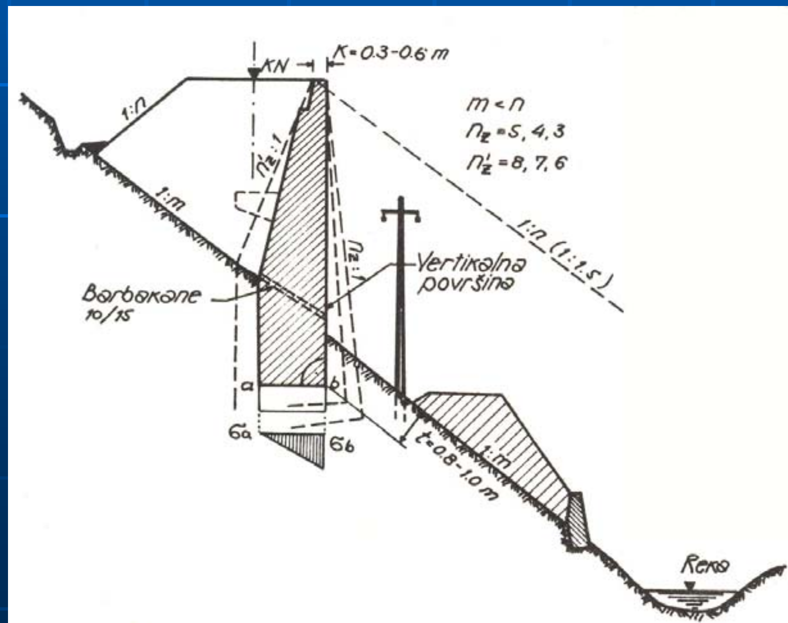
положај зида се одређује у зависности од функције, техничких и економских елемената, конфигурације терена и околних услова и ограничења

насип (смањење кубатура)-у нивелети планума (за косине мањег нагиба или паралелне терену), у косини (терен нагиба 1:2 до 1:3,5), у ножици

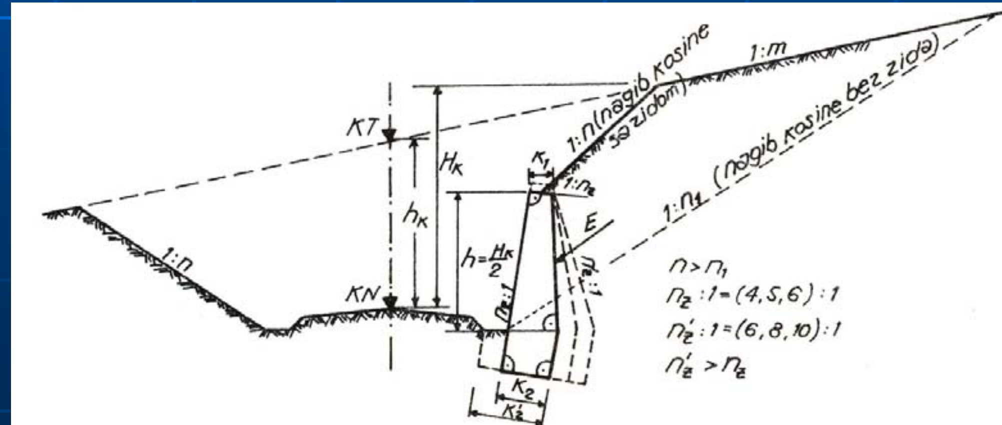
усек и засек (смањење кубатура и осигурање)-у ножици, у косини



Утицај положаја зида у насипу на дужину и величину насипа



Зид у нивелети планума пута

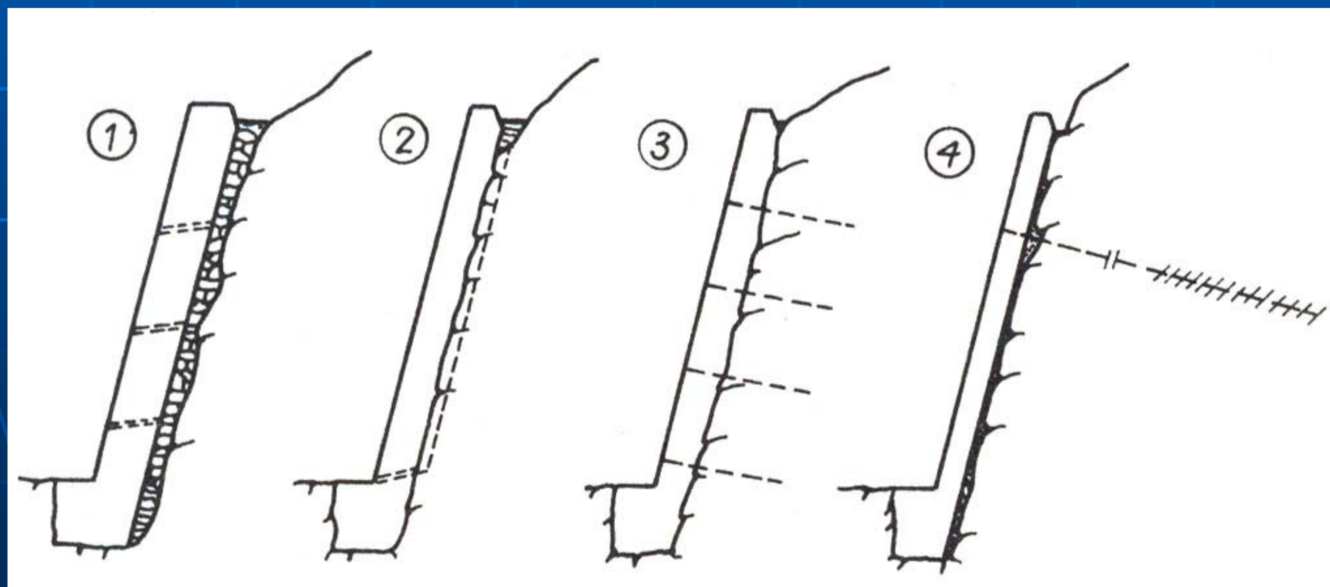


Зид у ножици усека

- обложни зидови служе за заштиту тла у усецима од распадања и разарања под дејством атмосферилија, ерозије, температурних промена и сл.

материјали: ломљен камен у суво или у цементном малтеру, неармирани или армирано-бетонски, монтажни елементи од бетона или челика)

димензије су знатно мање од потпорних зидова



Обложни зидови у стени

- пропусти

  пропуштање воде или саобраћајница нижег реда кроз труп пута

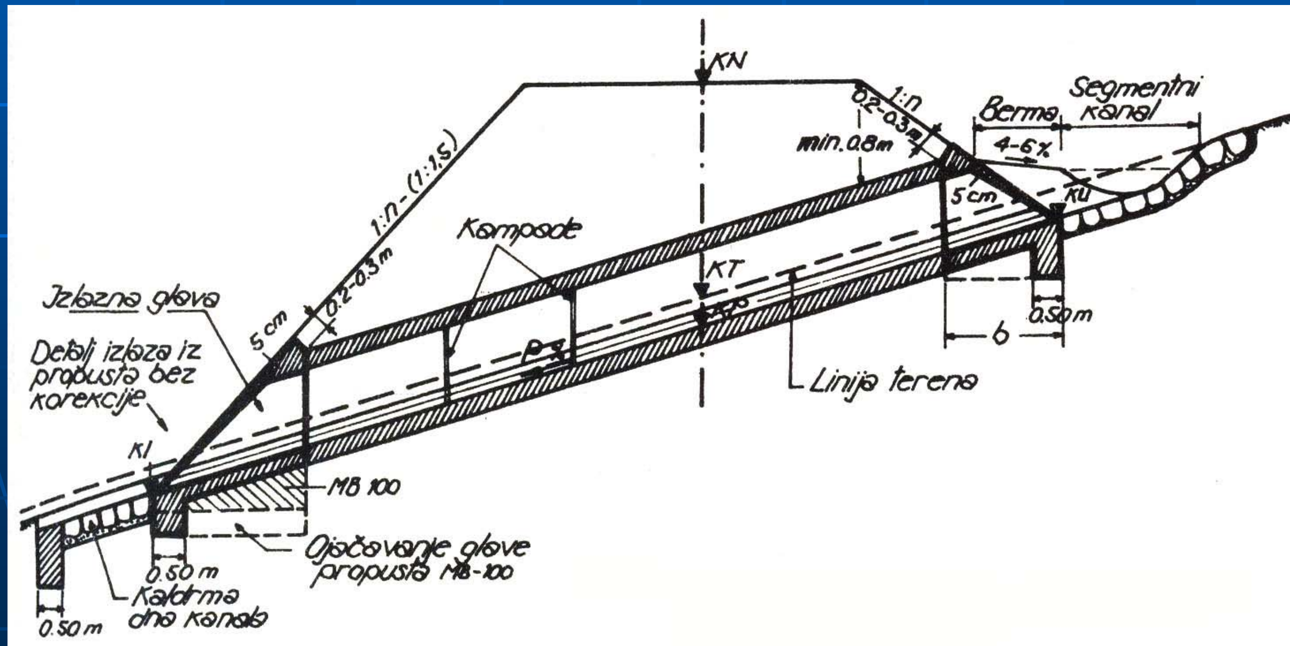
  слободан отвор до 5 m

  материјали: бетон, челични лим, челик, камен, комбинација материјала

  цевасти-цев различитог пресека (круг, елипса, парабола, комбинација кривина); веома често се користе код путева; не могу се користити ако је расположива конструктивна висина мања од 0,8 m (од горње површине цеви до површине коловоза); изградња на лицу места или префабриковани елементи; различити пречници; препорука је да се не користе мањи пречници од 1 (0,8) m због одржавања

плочасти-за насипе мањих висина или у усецима, горња површина је армирано-бетонска плоча или бетонска плоча на армирано-бетонским гредама преко које се полаже коловозна конструкција; ширина је приближно једнака ширини планума

засведени-лучни пресеци; насипи већих висина; не могу се користити ако је расположива конструктивна висина мања од 0,8 m



Попречни профил пута у насипу са пропустом

KN
Kolovoz
Kanal
1:n
1:n
min. 3.0 m
Obloga kamenom
$n_z' = 1$
$n_z : 1$
KT
KU
P_1%
min. 0.3 m
Dno levka oblikovati prema dnu propusta
KP
0.6
≥ 1.0 m
Zavisi od širine kanala i od količine vode
Detalj izlaza propusta sa korekcijom
P %
K
0.6
0.5 m
ⓐ - bez ojačanja osnove glave
ⓑ - sa ojačanjem osnove glave betonom MB 100
Izgled propusta odozgo
Kolovoz
Nivelacija

Попречни профил пута у засеку са пропустом

делови пропуста: улазна глава за прихватање и усмеравање воде, главни проводни део, излазна глава за усмеравање и несметано истицање воде, чеони зидови и крила за уклапање у земљани труп и увођење, односно извођење воде

величина отвора пропуста се одређује према количини воде коју треба пропустити или према ширини пролазне саобраћајнице

минималан подужни пад је 0,5 % због одводњавања

максималан подужни пад је дефинисан највећом дозвољеном брзином кретања воде (изнад се ломи нивелета пропуста ради смиривања тока и спречавања ерозије)

- ✓ утицај и заштита од мраза

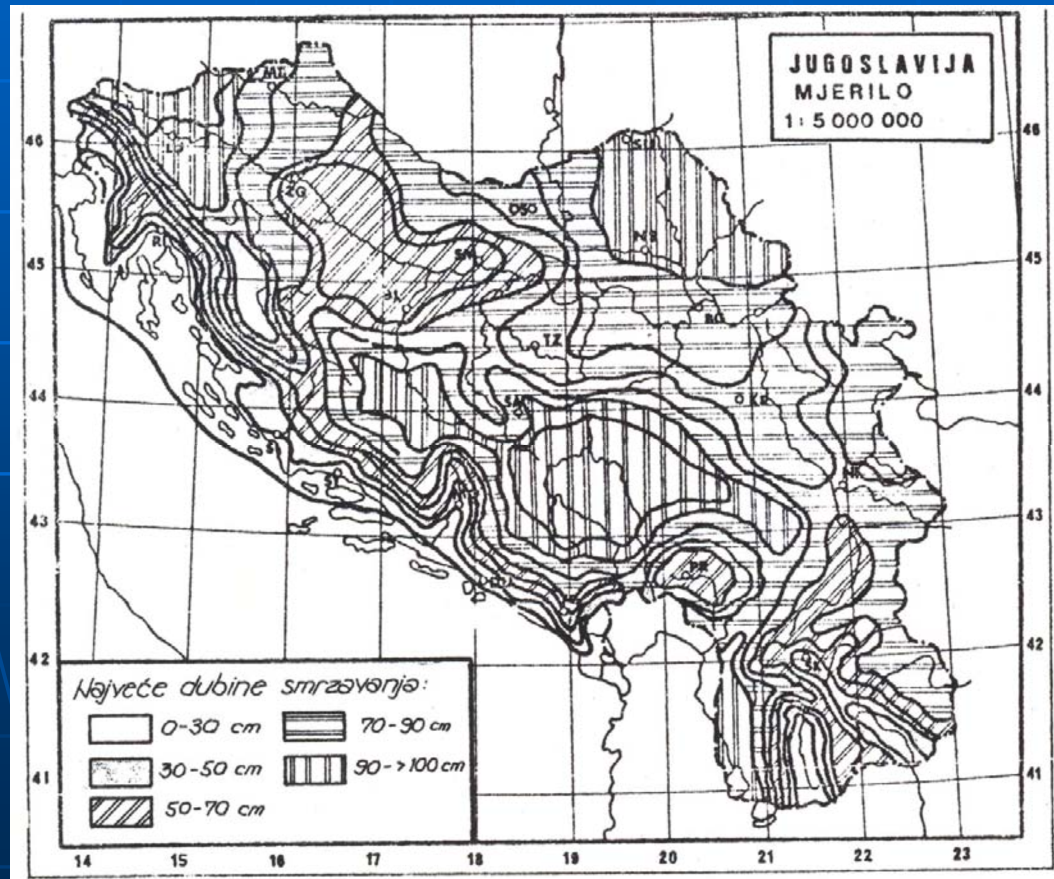
  замрзнути слој тла се услед бубрења, изазваног променом запремине воде, издиже и тиме се мења носивост коловозне конструкције

  током одмрзавања знатно се повећава влажност и материјал делимично или потпуно губи карактеристике носивости до сушења

  при смрзавању, величина и обим стварања ледених сочива и дубина смрзавања зависе од: дужине трајања и интензитета смрзавања, хидрогеолошких услова, врсте материјала и врсте коловозне конструкције, њеног састава и дебљине

  при одмрзавању, величина оштећења зависи од: величине ледених сочива и распрострањености, брзине одмрзавања, водопропусности, оптерећења од возила, врсте и структуре коловозне конструкције

- дубина смрзавања је максимална дубина до које се спушта изотерма од 0° C у току дејства мраза (зависи од карактеристика тла, дужине трајања хладног периода, хидрогеолошких услова у тлу, локалних услова)

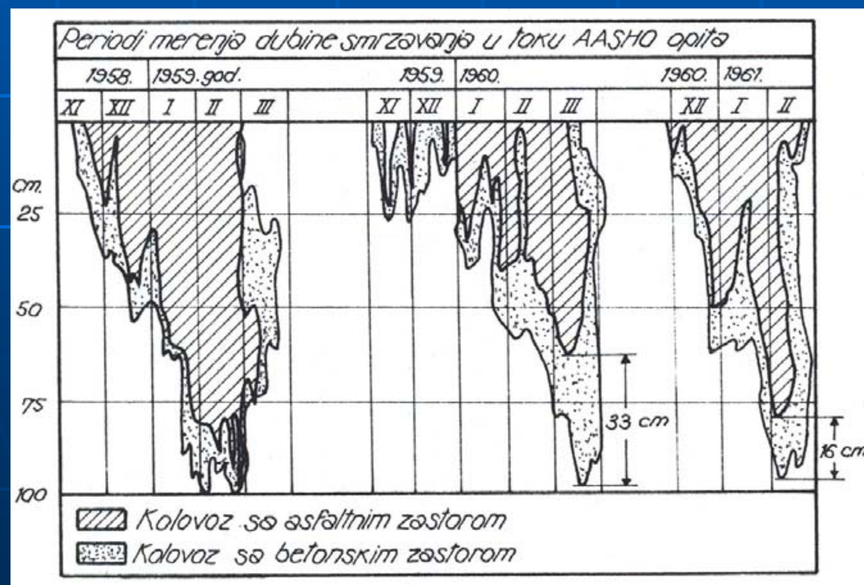


Зоне највећих просечних дубина смрзавања

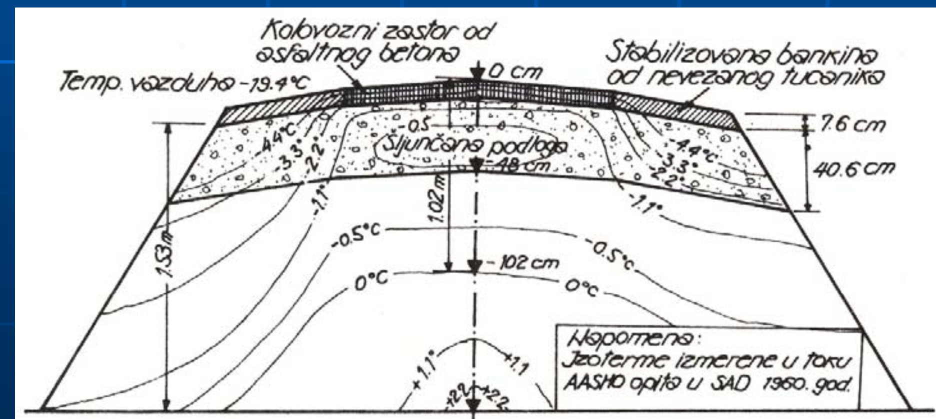
- индекс мраза је производ степени °C и дана у току којих су просечне температуре ваздуха измерене на 1,2 m изнад површине терена или коловоза биле мање од 0° C (одређује се рачунски)

дубина смрзавања је мања у оси коловоза него на крајевима или у банкинама

дубина смрзавања је већа код бетонских него код асфалтних застора



Дубине смрзавања испод коловозних конструкција



Изотерме испод површине коловоза при температури -19 ° C

- поступци заштите од мраза прилагођавају се захтеваном степену заштите, рангу и врсти пута, локалним условима и величини угрожености конструкције
- мере заштите се најчешће спроводе за постељицу путева-завршни слој доњег строја, пошто је он и најугроженији
- Поступци заштите:
- - израда слоја од крупнозрног материјала, механички обрађеног, неосетљивог или мало осетљивог на мраз, да би се створио прелазни слој између коловозне конструкције и доњег строја
- - израда завршног слоја доњег строја, дебљине 0,2-0,4 m, од локалних ситнозрних кохезивних материјала стабилизованих хидрауличним (креч, цемент, летећи пепео) или угљоводоничним (битуменска емулзија, хидрофобна средства) везивима

- израда тампонског слоја у дебљини која се одређује као разлика између дебљине коловозне конструкције и дебљине потребне за заштиту од мраза

поступци су обавезни за аутопутеве и путеве I, II и III разреда и када се радови изводе у неповољним условима или ако се коловозна конструкција не завршава у једној грађевинској сезони

избор поступка заштите се обавља на основу техничких, економских и других показатеља, а пре свега према степену осетљивости материјала доњег строја на дубини захваћеној смрзавањем, максималној дубини смрзавања, врсти коловозне конструкције и хидролошким условима

ефикасна заштита се постиже одводњавањем-спречавањем продора воде у доњи строј (канали, дренаже, дренажни теписи, геосинтетичке мембране и др)







Примери одводних канала



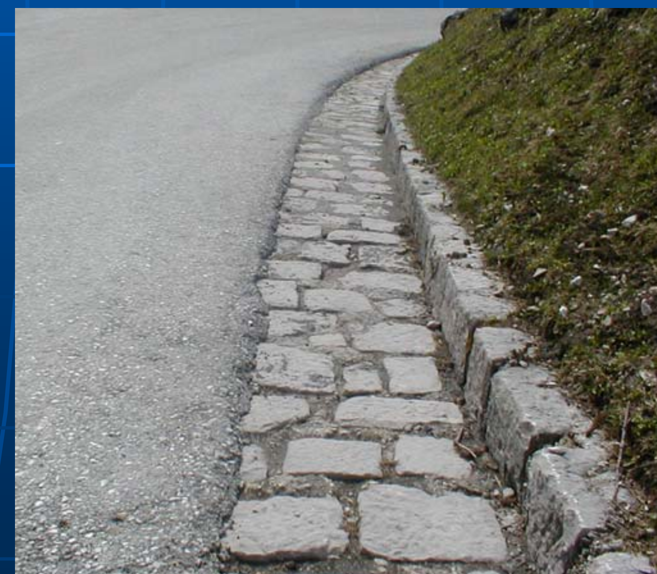

Примери одводних канала




Примери дренажа







Примери ригола



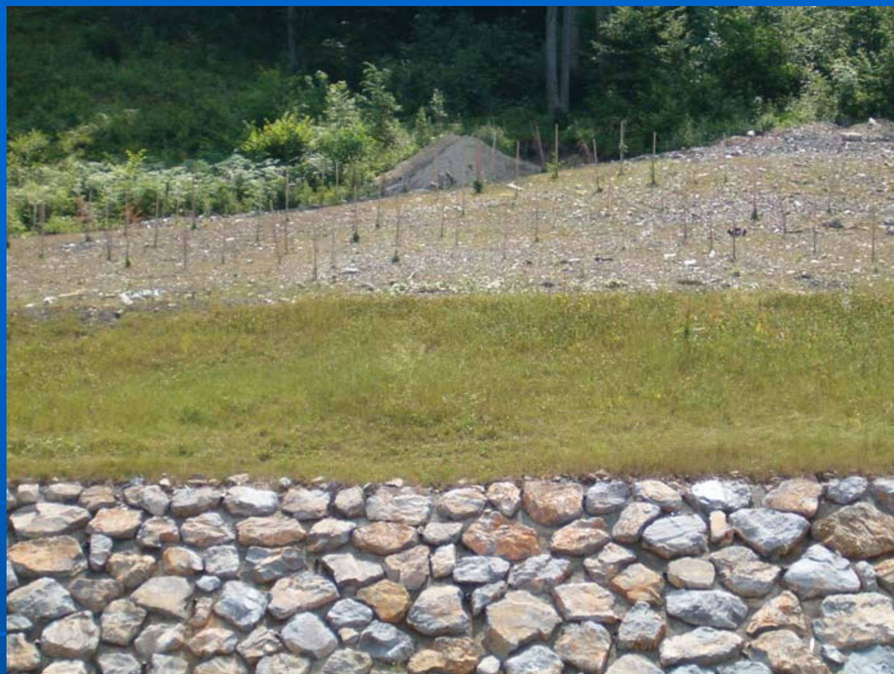


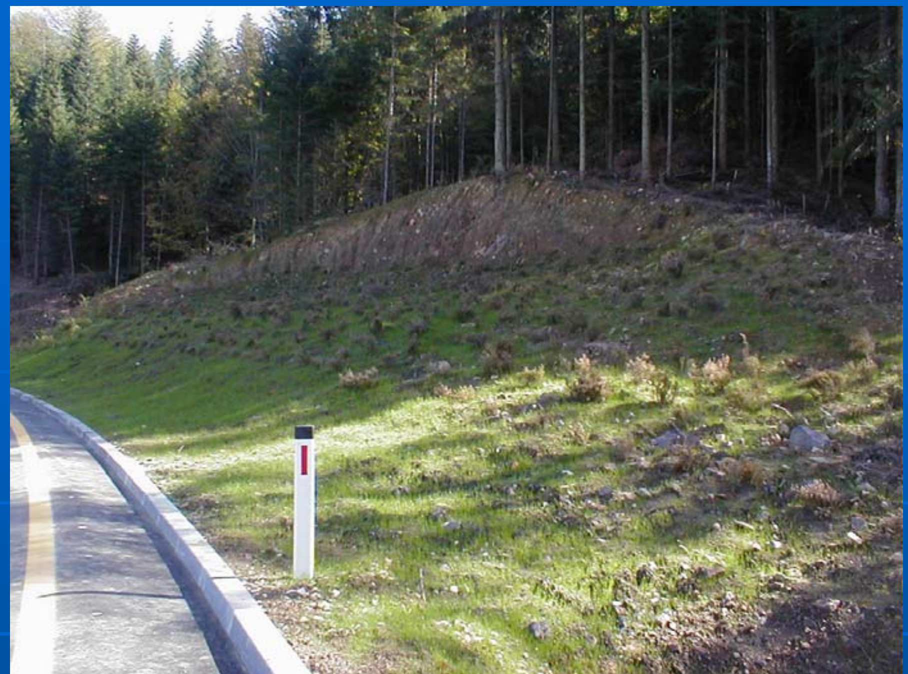

Примери пропуста





Примери пропуста



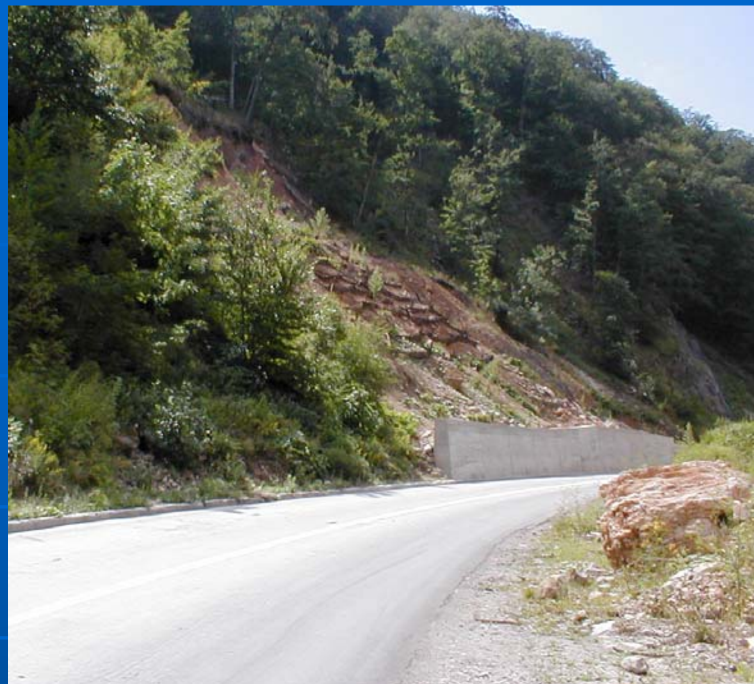






Примери озелењавања косина







Примери поплета

Пример облагања косине

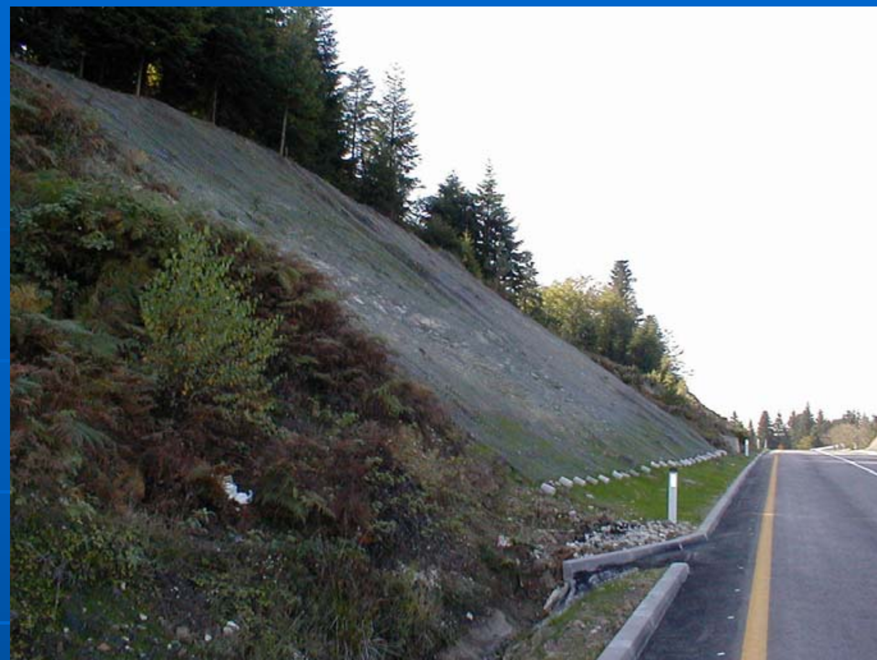
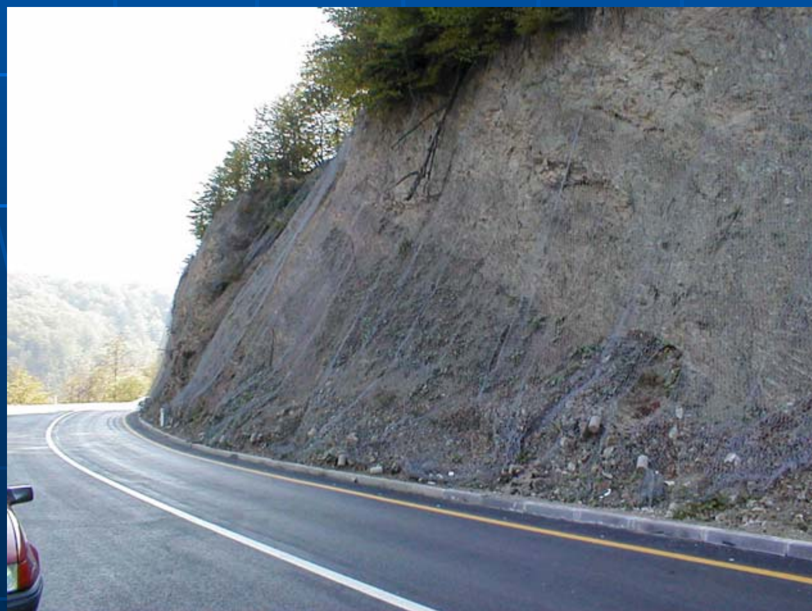
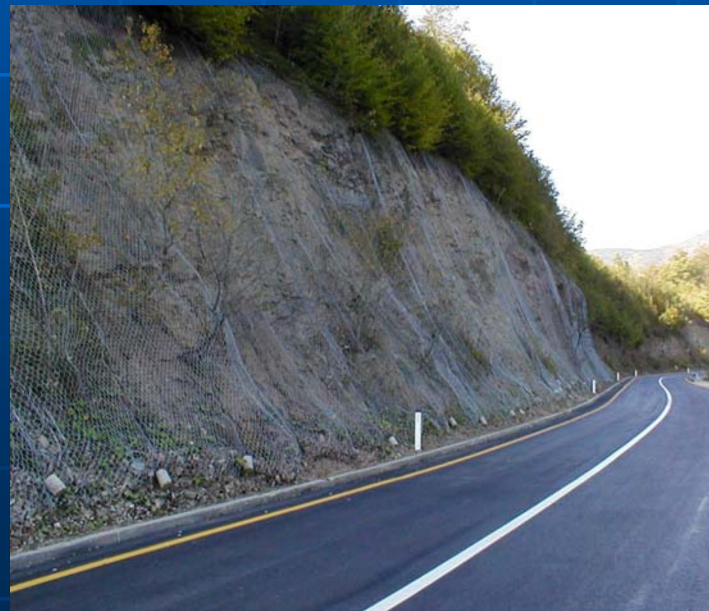








Примери обложних зидова

Примери заштитних мрежа





Примери заштитних мрежа



Пример армирања тла



Пример сидрења





Примери сидрења







Примери конструкција са шиповима и затегама



Пример закивања тла



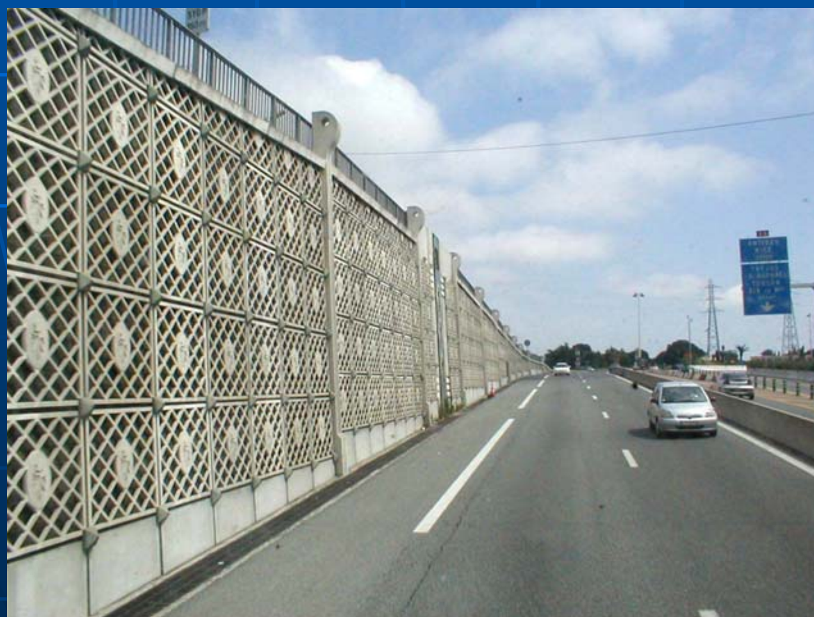




Примери камених потпорних зидова









Примери потпорних зидова од бетона

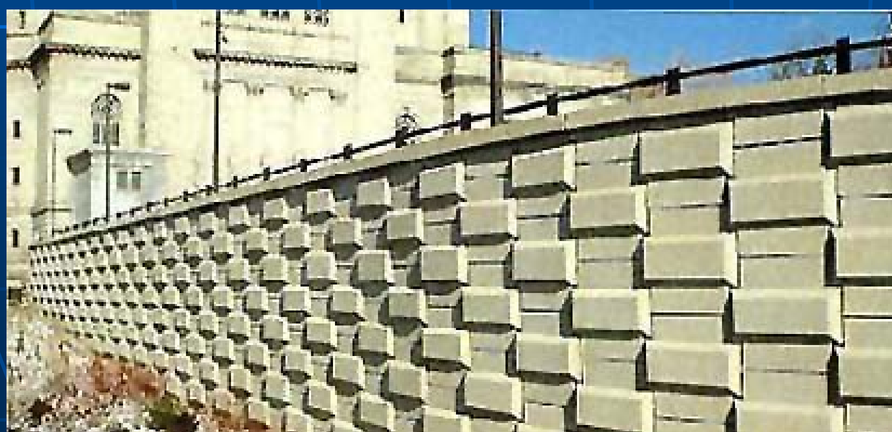





Примери конструкција од габиона







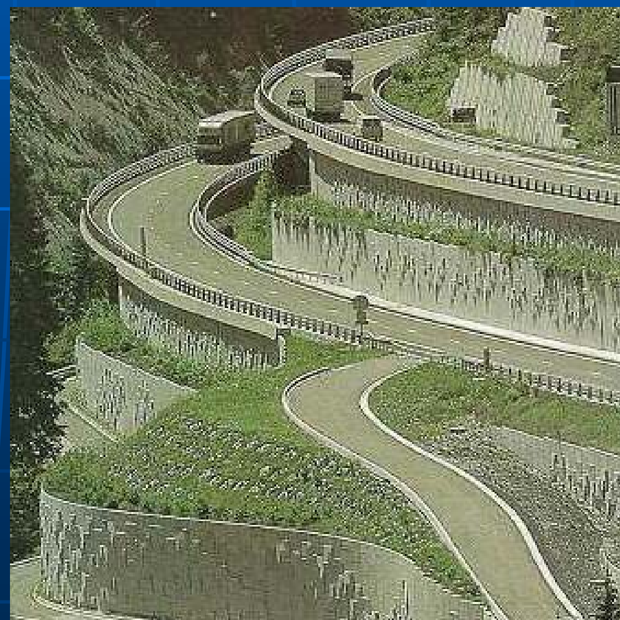


Примери конструкција од армираног тла









Примери конструкција од армираног тла

Објекти

- ✓ тунел-подземна грађевина изграђена у терену ради провођења пута на потезима где је нивелета јако дубока/ниска у односу на терен тако да је изградња усека немогућа или неекономична

  облик тунела зависи од намене, хидролошких, геолошких и геоморфолошких карактеристика терена и сл.

- ✓ галерија-специјална врста засека у стеновитом материјалу, изграђена на стрмој падини, чија је спољња страна близу линије терена, а карактеристике стене су такве да се косина може држати и у стрмијим нагибима од вертикалног према оси саобраћајнице

отворене галерије где стена наткриљује део планума

затворене галерије где је скоро цео слободан профил у стени, а само једна страна је делимично отворена или подупрта вештачки изграђеним стубовима

- ✓ мостови-вештачки објекти који служе за прелазак водених токова или стајаћих вода са отвором већим од 5 m

пројектују се са једним или више отвора у зависности од ширине воденог тока, локалних услова и хидрогеолошких прилика

гредни (проста греда, континуални носач, герберов носач), лучни (укљештени лукови, лукови са једним или више зглобова), рамовски (укљештени рамови, рамови на два зглоба) или ланчани

материјали: камен, челик, армирани бетон, дрво

конструктивни облик: решеткасти, пуни, сандучасти...

- ✓ вијадукти-вештачки објекти који служе за прелаз пута преко дубоких долина, ручевитог, стишљивог и мобилног терена, преко пруге или градске саобраћајнице, уместо потпорног зида на стрмим теренима и др.

  по облику, статички и конструктивно се не разликују од мостова

  основна разлика је у висини и распореду стубова (величина отвора може бити рационалнија, изградња једноставнија уз могућност префабрикације носача)
- ✓ објекти за укрштање са другим путевима (надпутњаци, подпутњаци) или железницама (надвожњаци, подвожњаци)-мостови чији облик и димензије (дужина и величина) зависе од категорије друге саобраћајнице која се пресеца (ширина планума, саобраћајних трака, колосека, ширина улице и сл)









Примери тунела









Примери тунела





Пример галерије





Примери мостова






Примери мостова






Примери мостова





Пример моста



Примери вијадукта